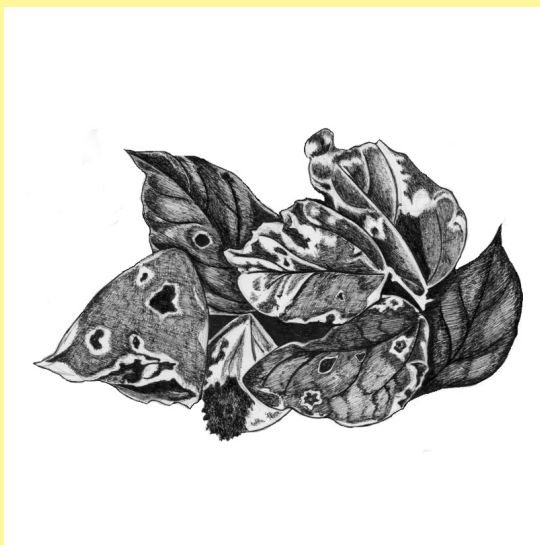
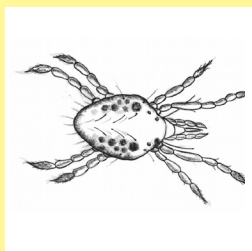


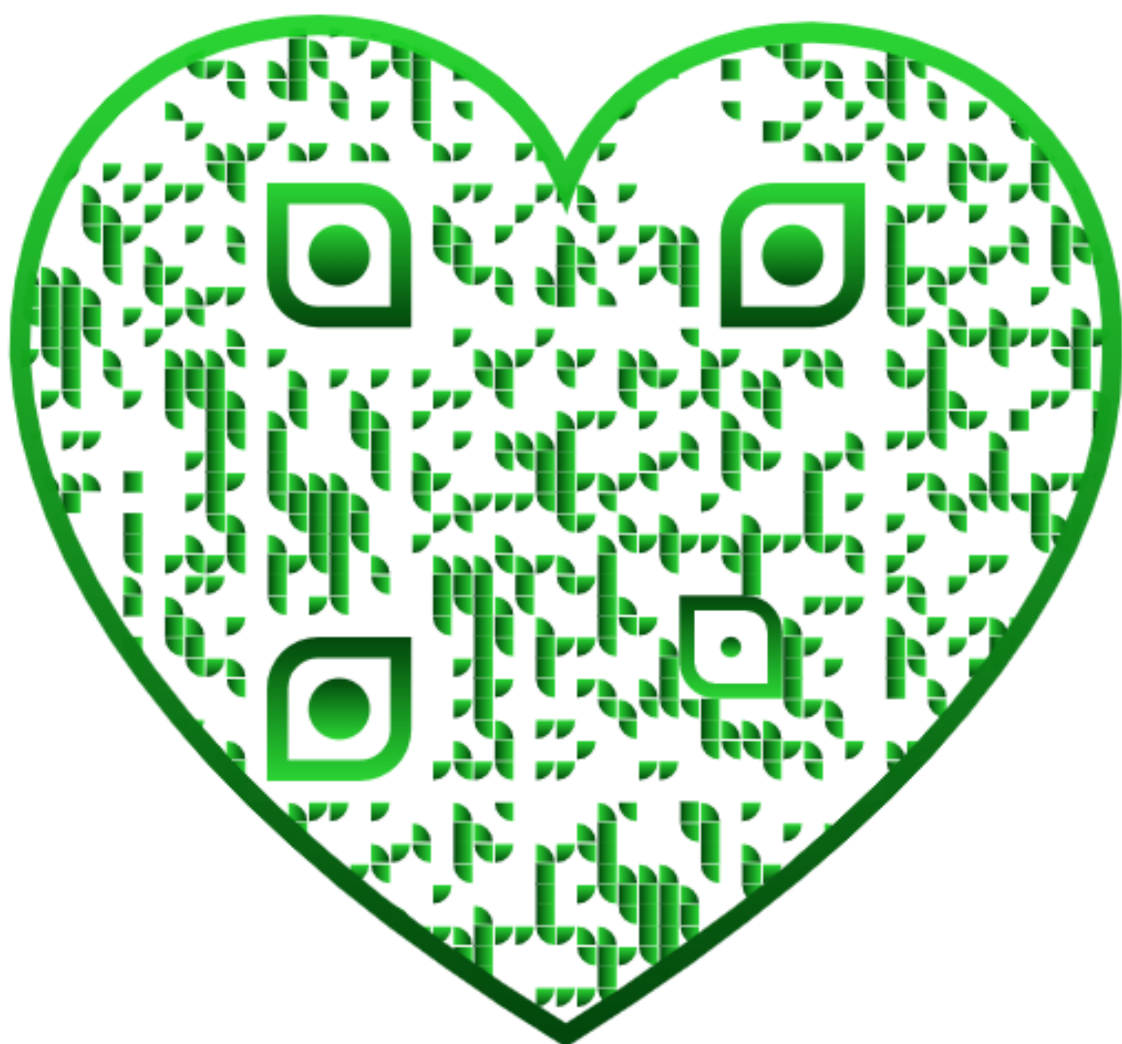
Identification des dégâts causés aux cultures

par les maladies, les animaux nuisibles et les carences
minérales



partageons les connaissances au profit des communautés rurales
sharing knowledge, improving rural livelihoods





Agrodok 28

Identification des dégâts causés aux cultures

par les maladies, les animaux nuisibles et les carences
minérales

Joep van Lidth de Jeude

© Fondation Agromisa, Wageningen, 2004.

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 2004

Auteur : Joep van Lidth de Jeude

Révision : Irene Koomen

Illustrations : Mamadi B. Jabbi, Barbera Oranje

Conception : Eva Kok

Traduction : Brigitte Venturi

Imprimé par : Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas

ISBN Agromisa: 90-77073-98-1

Avant-propos

L'objet de ce fascicule est d'aider les agriculteurs/-trices de zones isolées à prévenir et enrayer les maladies et les plaies qui peuvent affliger leurs cultures. Ces agriculteurs/-trices n'ont peut être pas accès aux conseillers agricoles ou à d'autres experts qui pourraient diagnostiquer la cause des dégâts causés aux cultures et pourraient proposer des mesures immédiates pour stopper les ravages ou conseiller sur les moyens de prévention à prendre à l'avenir.

Avant d'utiliser un quelconque pesticide dans une telle situation d'urgence, l'agriculteur/-trice aura à déterminer la nature du dégât causé, c'est-à-dire qu'il devra savoir quel type d'agent nocif a provoqué le problème. La cause est-elle un insecte, un acarien, un champignon, une maladie bactérienne ou virale, un nématode ou une déficience nutritive ? Ce fascicule s'intéresse donc aux différents groupes d'animaux nuisibles et d'agents pathogènes afin d'expliquer les causes possibles d'un dégât sur les cultures et les solutions correspondantes.

L'auteur désire remercier Professeur A. van Diest pour sa contribution sur les déficiences nutritives, Irene Koomen pour sa contribution sur les maladies végétales et Jan Schreurs et Jeroen Boland pour leur contribution à la structure et à la rédaction de cette publication. Nous remercions également la KNPV (la Société néerlandaise sur la pathologie végétale) qui, grâce à son soutien, a permis la publication de cet Agrodok.

Joep van Lidth de Jeude, Wageningen, 2004

Sommaire

1	Introduction	6
2	Les causes	8
2.1	Un aperçu	8
2.2	Comment découvre-t-on un dégât causé aux cultures ?	8
2.3	Première identification	12
2.4	L'utilisation de pesticides pour l'identification	12
3	Les insectes	14
4	Les acariens	24
5	Les maladies végétales	27
5.1	Les maladies fongiques	27
5.2	Les maladies bactériennes	35
5.3	Les maladies virales	39
6	Les nématodes	43
7	Les carences nutritives	47
7.1	Symptômes des carences	47
7.2	Causes	49
7.3	Traitement	51
7.4	Excès de certains éléments	53
8	Autres causes non parasitaires des dégâts sur les cultures	54
9	Exercices	57
	Annexe 1: Identification sur la base de symptômes généraux	61

Annexe 2 : Identification à partir des parties attaquées des plantes	63
Annexe 3 : Symptômes des carences nutritives	70
Annexe 4 : Formulaire pour l'envoi d'un échantillon	79
Bibliographie	81
Adresses utiles	83
Glossaire	85

1 Introduction

Il arrive parfois que même les cultivateurs/-trices expérimentées soient confrontés à des dommages dans leurs cultures qu'ils ne peuvent expliquer. S'ils ne connaissent pas exactement la cause des dégâts, ils ne peuvent savoir comment traiter le problème. Dans les pays développés, des conseillers agricoles se déplacent sur le terrain pour analyser les symptômes et conseiller le cultivateur/la cultivatrice sur les méthodes de prévention et d'éradication du problème. En l'absence d'une telle assistance, le cultivateur/la cultivatrice doit s'en remettre à l'expérience et aux connaissances de ses collègues. Malheureusement, ceux-ci ne disposent pas non plus toujours des connaissances nécessaires pour diagnostiquer correctement la cause d'un dégât. Cette publication se propose donc d'aider les cultivateurs/-trices à déterminer quelles mesures ils doivent prendre pour sauver leurs cultures lorsqu'un problème grave se présente.

Approche par groupe d'agents nuisibles (animaux nuisibles et maladies)

Les cultures peuvent être endommagées par divers groupes biologiques : les maladies végétales (causées par les champignons, les bactéries ou les virus), les insectes, les nématodes, les acariens ou autres. Les pesticides utilisés pour lutter contre ces agents pathogènes sont généralement très spécifiques à chaque groupe. Un fongicide par exemple n'a généralement aucun effet sur les insectes ou sur d'autres groupes d'agents pathogènes. Pour décider des mesures d'urgence à prendre, il n'est souvent pas nécessaire de savoir à quel type d'agent pathogène exact on a affaire à partir du moment où l'on peut déterminer à quel groupe il appartient.

Malheureusement, il n'est pas facile de déterminer à quel groupe ou quelle catégorie appartient l'agent : les symptômes ne renvoient pas toujours clairement à un groupe en particulier. Les symptômes caractéristiques d'une infestation par un nématode par exemple ressemblent énormément à ceux d'une maladie virale ou d'une déficience nutritive. En décrivant amplement les ressemblances et différences entre les

symptômes des différents groupes d'agents pathogènes, l'auteur a voulu aider le cultivateur/la cultivatrice à identifier lui-même la cause des dégâts causés à ses cultures. Les annexes I et II fournissent par ailleurs des informations clés supplémentaires pour identifier les agents pathogènes.

Une brève description des mesures de lutte est fournie pour chaque groupe d'agents. L'auteur voudrait souligner l'importance d'une approche intégrée de la gestion des animaux nuisibles (IPM). Il est conseillé de n'utiliser les pesticides qu'en dernier recours. Vous trouverez des informations plus détaillées à ce sujet dans l'Agrodok 30 – Gestion intégrée des animaux nuisibles.

L'assistance d'un expert

Cette publication traite essentiellement de la prévention, de la propagation et de l'élimination des diverses causes de dégâts sur les cultures. Si, après avoir lu cette documentation, le cultivateur/la cultivatrice n'est pas en mesure d'identifier la cause et le type spécifique de dommage qui menace ses cultures, nous lui conseillons de consulter un organisme de conseil ou l'Internet, s'il/si elle en a la possibilité. Pour obtenir les meilleurs résultats, il/elle peut remplir le questionnaire fourni en annexe IV et l'envoyer à un organisme (en général un centre de recherche agricole). Si les données sont claires et complètes, les experts pourront déterminer la cause du problème et fournir des conseils sur les mesures spécifiques à prendre.

L'importance économique

Dans le cadre de ce fascicule, nous avons choisi de ne parler que des dégâts causés aux cultures dont les conséquences économiques sont telles qu'elles justifient des mesures de lutte. Bien entendu, la différence positive en termes de rendement obtenue grâce à ces mesures doit largement dépasser les frais engagés. Les dégâts qui ne représentent qu'une légère perte de récolte ou aucune perte n'entrent donc pas en compte dans ce livret. Aucune mesure d'éradication, ni chimique ni intégrée, n'est nécessaire dans ce cas et il serait même regrettable qu'une telle mesure occasionne un investissement inutile.

2 Les causes

2.1 Un aperçu

Les dégâts causés aux cultures peuvent être dus aux :

- insectes et acariens
- maladies causées par les champignons, les bactéries ou les virus
- nématodes
- escargots, rats et autres animaux

De plus, il existe également des causes d'origine non parasitaire :

- manque ou excès de certaines substances nutritives
- conditions climatiques extrêmes, incendies, épuisement du sol, etc.

L'annexe 1 fournit un aperçu général des groupes d'agents pouvant être responsables de certains types de dommages sur les cultures.

2.2 Comment découvre-t-on un dégât causé aux cultures ?

Certains dégâts causés aux cultures peuvent être évités en inspectant régulièrement les plantes. Les illustrations suivantes illustrent les façons de s'y prendre mais il faut également faire attention aux insectes qui s'envolent lorsqu'on s'approche de la culture.

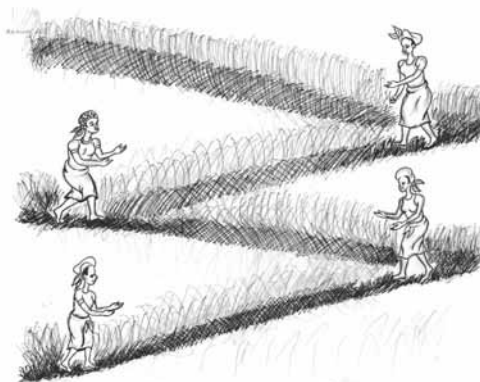


Figure 1 : Inspectez le champ entier et pas seulement une petite partie. Marchez pour cela en zigzag à travers le champ.



Figure 2 : Arrêtez-vous de temps en temps pour inspecter quelques plantes de fond en comble. Vous pourrez peut-être constater des symptômes sur les zones inférieures de la plante.



Figure 3 : N'oubliez pas non plus d'inspecter la face inférieure des feuilles où des insectes peuvent s'être posés.



Figure 4 : Si vous constatez un quelconque dommage, il peut être utile de déraciner la plante pour voir si les racines sont également touchées.



Si le dommage doit être évalué par une tierce partie (un expert, un laboratoire, etc.), il est recommandé d'entreprendre les démarches suivantes :

Pour des dégâts causés par des insectes : récupérez quelques insectes et mettez-les dans un pot en verre ; ajoutez quelques feuilles et faites des trous dans le couvercle pour faire entrer de l'air. Posez le pot dans un endroit frais.

Figure 5 : Pot pour conserver les insectes

Pour d'autres types de dommages : recueillez une bonne quantité de matériaux de la plante abîmée, dont les feuilles, les tiges et les racines ; enveloppez-les dans un tissu humide (du papier toilette ou du journal) et mettez-les dans un sac en plastique fermé. Conservez le sac dans un endroit frais jusqu'à ce que les matériaux soient inspectés.

Si le sol doit être analysé, retirez de la terre sur 20 cm de profondeur. Constituez un échantillon de terre varié en marchant en zigzag dans le champ et en ramassant un peu de terre tous les quelques mètres.



Figure 6 : Sac pour conserver les matériaux végétaux

2.3 Première identification

Les deux étapes-clés présentées en annexe vous aideront à identifier les problèmes dans le champ même. L'objectif de l'annexe I est d'aider le cultivateur/la cultivatrice à identifier la catégorie de dégâts auxquels il a affaire. L'annexe II l'aidera à déterminer quelle est la cause possible du dommage en se basant sur les symptômes observés sur les différentes parties de la plante.

2.4 L'utilisation de pesticides pour l'identification

La plupart des pesticides n'agissent efficacement que sur un seul groupe spécifique d'agents pathogènes. Les insecticides par exemple n'agissent en général que sur les insectes et n'ont aucun effet sur les acariens. Les fongicides tueront les champignons mais probablement pas les bactéries, les insectes, les acariens, les nématodes ou les autres organismes. Dans un petit nombre de cas bien particuliers, il arrivera que certains pesticides s'attaquent à plusieurs groupes d'organismes. Outre le fait qu'ils éliminent efficacement les différents types d'organismes nuisibles contre lesquels ils sont sensés lutter, les pesticides ont, ce faisant, la vertu de permettre l'identification du groupe d'agents pathogènes auquel appartient le responsable du dommage. Cela peut être particulièrement utile dans le cas où un type de dégâts peut être attribué à plusieurs groupes d'agents pathogènes. Par exemple, comme nous l'expliquons plus avant dans ce fascicule, les symptômes d'une infestation par un nématode ressemblent énormément à ceux d'une maladie virale. Or, si l'état de la plante s'améliore nettement après un traitement nématicide, on peut en conclure que le dommage a été causé par des nématodes et non par un virus.

De même, les détériorations des feuilles causées par des champignons peuvent ressembler à celles causées par des bactéries pathogènes. Si la plante réagit favorablement au traitement associant le benomyl et l'étridiasole, efficace contre tous les champignons mais pas contre les bactéries, on peut en déduire que l'attaque provient d'un champignon et non d'une bactérie.

Vous trouverez d'autres exemples dans ce livret de l'usage de traitements pesticides et de suppléments minéraux pour identifier les agents destructeurs. Pour plus de détails sur les spécificités des pesticides eu égard aux traitements commerciaux possibles, consultez l'Agrodok 30 Gestion intégrée des animaux nuisibles et l'Agrodok 29 Pesticides : Utilisation et dangers.

3 Les insectes

Les insectes sont des petits organismes dont l'une des particularités est d'avoir six pattes. Les pièces buccales, qui peuvent extrêmement varier en fonction des sortes, permettent aux insectes de mordre (mastiquer), de piquer ou de sucer. Les insectes peuvent s'attaquer aux racines, aux feuilles, aux tiges, aux fleurs et/ou aux fruits d'une plante. Le type de pièces buccales que possède un insecte détermine le genre de dommages qu'il va causer.

Les insectes broyeurs mastiquent les feuilles, les tiges, les graines et les fruits d'une plante, ou y creusent des tunnels. Les tissus végétaux autour des zones attaquées vont alors pourrir, partiellement ou complètement, la plupart du temps à cause des bactéries provenant des excréments d'insectes. De nombreux insectes suceurs transmettent les virus par l'intermédiaire de leurs pièces buccales lorsqu'ils transpercent la plante qui peut alors se faire infecter. Les insectes des plantes peuvent injecter des champignons et des bactéries dans le fruit, causant ainsi la pourriture ou la décoloration de la zone du fruit attaquée. Si la nervure centrale de la feuille est percée, cela peut entraîner une déformation de la feuille. Si la surface des feuilles rétrécit suite à une attaque d'insecte, la plante va perdre de sa capacité de production. Il s'ensuivra un moindre rendement ou une moins bonne qualité du produit agricole.

Symptômes

Les dégâts causés par les insectes sont généralement facilement discernables de ceux provoqués par les maladies ou les déficiences nutritives. Les bords déchiquetés des feuilles attaquées en sont un signe incontestable. De même, la zone environnante de la partie abîmée ne porte généralement pas trace de tissus nécrosés (morts), alors que c'est justement la caractéristique d'une attaque par un champignon ou une bactérie. Les zones broutées sont le fait de larves de papillons (chenilles), de coléoptères (larves) et de mouches à scie; les coléoptères adultes et les mouches à scie sont également pourvus de pièces buccales

leur permettant de piquer/mastiquer et peuvent donc également causer ce type de dommages. Ces insectes se trouvent généralement sur ou près de la plante. Cherchez-les attentivement et regardez si vous voyez des traces d'excréments, souvent secs, poudreux ou granuleux sur la plante ou tout près. Regardez tout particulièrement sous les feuilles.

Il vous sera probablement nécessaire d'avoir une loupe pour pouvoir bien observer les insectes. Il faut de l'expérience et du discernement pour déterminer si un insecte particulier est à l'origine du dégât ou s'il ne fait que passer par hasard. Si les symptômes d'une plante ne sont pas reconnaissables, il est judicieux de déterrer quelques-unes des plantes abîmées pour voir si des insectes térébrants ou autres sont présents sur les racines.



Figure 7 : Coléoptère (3x)

Au dernier stade de leur développement, les chenilles broyeuses peuvent se muer en chrysalide dans la plante mais cela se produit le plus souvent dans le sol sous la plante, entre les fissures d'un terrain desséché ou sous les mottes de terre. Aussi, si vous ne trouvez pas d'insecte, veillez quand même à retourner la terre sous la plante avec un couteau sur une profondeur d'environ 6 cm pour voir si vous trouvez des cocons ou des chenilles. N'oubliez pas que les chenilles ne s'attaquent parfois aux plantes que la nuit après quoi elles s'enfoncent dans le sol pendant la journée car il y fait plus frais.

Avant que les larves des ordres de papillons, coléoptères, guêpes, etc., ne prennent leur forme adulte, elles produisent une enveloppe coriace ou pupa dans laquelle elles se métamorphosent en un insecte adulte au cours d'une période de une à trois semaines.

.

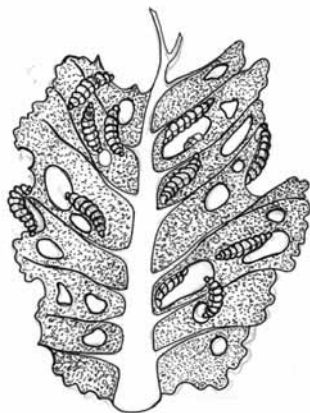


Figure 8 : Les chenilles à l'attaque



Figure 9 : Papillon de nuit (4x)

Les zones qui sont en train de faner ou de se dessécher attestent du fait qu'un insecte a broyé l'intérieur de la tige (du riz par exemple). Il est nécessaire d'arracher la plante pour voir si les racines ont également été perforées. Si l'insecte se trouve encore dans la plante, on peut le retrouver en ouvrant la tige, les racines ou le fruit avec un couteau – d'abord dans le sens de la longueur puis autrement si c'est nécessaire.

Certaines sortes de chenilles défoliantes (le *sylepta sp* dans le coton) font une boule de la feuille en la tissant de part en part à l'aide de filaments. Elles utilisent alors cette boule pour s'y cacher et former une chrysalide. On peut détecter la présence de mineurs de feuilles à la surface de la feuille grâce aux galeries qu'ils ont creusées dans le mésophylle. En te-



Figure 10 : Dommages caractéristiques des défoliants

nant la feuille à la lumière, il est possible de voir l'insecte ou la chrysalide à la sortie de l'une des galeries. Souvent, le tissu de la feuille proche des galeries dépérit.

Les punaises des plantes et les pucerons ne peuvent provoquer ce genre de symptômes car ils ne sont pas pourvus de pièces buccales broyeuses. Elles peuvent juste percer et sucer. Si elles percent de jeunes pousses ou boutons qui ne sont pas encore entièrement éclos, (comme le *Lygus* sp. dans le coton), le dommage ne se verra qu'à un stade plus tardif de la croissance. Les feuilles alors totalement développées peuvent avoir l'air déchirées.

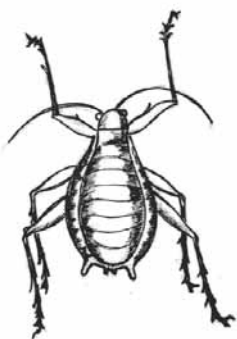


Figure 11 : Pucerons
(sans aile, 15x)



Figure 12 : Puceron ailé (20x)

D'autres insectes (pucerons, jassides, cercopes) affaiblissent la plante en extrayant de grandes quantités de sève. La chute de la production peut être particulièrement importante si la plante est assaillie simultanément par de nombreux insectes. Les feuilles percées par les insectes peuvent s'enrouler vers l'intérieur (aphidiens) ou se déformer d'une autre façon si la nervure principale a été touchée (*Helopeltis* sp. dans le coton). Dans ce dernier cas, le tissu environnant se développe plus vite que la nervure atteinte. Une population d'aphidiens peut être éra-

diquée par ses prédateurs naturels. Les feuilles enroulées, les peaux (mue) et les coquilles vides des aphidiens sont alors les seuls éléments à attester de leur présence.

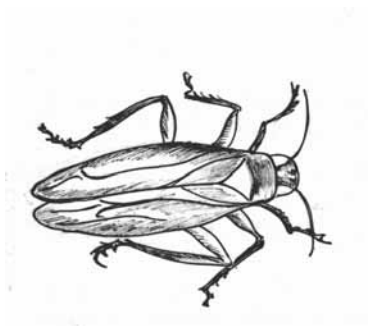


Figure 13 : Jasside (10x)

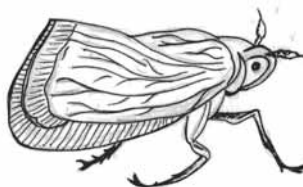


Figure 14 : Cercope (12x)

Les insectes suceurs peuvent propager des maladies virales par le biais de leurs organes perceurs. Les dégâts infligés par ces maladies sont bien plus considérables que les dommages mécaniques créés par les insectes (voir chapitre 5.3).



Figure 15 : Dégât causé par un ver

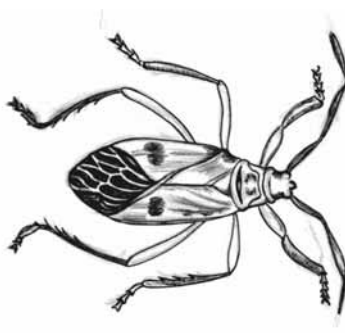


Figure 16 : Dysdercus (3x)

Ils peuvent également injecter dans la plante ou dans le fruit des micro-organismes provoquant la pourriture. Par exemple, les tissus du coton percés par les dysdercus peuvent se décolorer, perdant ainsi beaucoup de leur valeur. Certains insectes minuscules comme les thrips (1 à 2 mm de longueur) et les cochenilles peuvent faire des cicatrices sur les feuilles ou les fruits ou déposer une pellicule ressemblant à une peau extérieure douce de couleur argentée sur le dessus ou le dessous de la feuille.

Les insectes à carapace peuvent également attaquer des arbres comme les citronniers et les oliviers. Bien que sans pattes leur vie durant, ce sont bel et bien des insectes. Ils vivent sous des carapaces de quelques millimètres de diamètre qui collent aux feuilles et aux tiges de la plante. Pour avoir une preuve de la présence de cet insecte, vous pouvez enfoncer la pointe d'un crayon dans sa carapace. S'il vit encore, un fluide s'échappera de son corps à travers le trou.

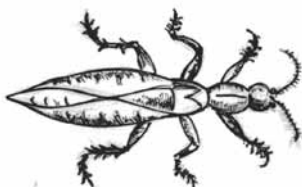


Figure 17 : Thrips (25x)



Figure 18 : Cochenilles

Tout comme les aphidiens, ces insectes secrètent une substance mielleuse qui coule sur les feuilles. Un champignon nuisible couleur de suie peut se développer sur ce fluide. Cette « suie » nuit à la capacité productive de la plante.

Certains insectes sont très vite/effarouchés. Ils s'envolent au moindre signe de danger et sont de ce fait impossibles à observer. Leur présence ne se remarque qu'aux dégâts tout à fait visibles et parfois catastrophiques qu'ils occasionnent. Dans de tels cas, il est recommandé de les attraper en marchant à travers les rangs et en frôlant le sommet des

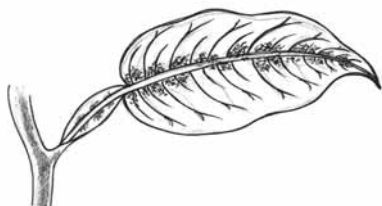


Figure 19 : Damage caractéristique des cochenilles

plants avec un filet tenu à la main. Les insectes ravageurs ont toutes les chances de se trouver parmi les insectes attrapés dans le filet.

Pour identifier les insectes pouvant être nuisibles, il faut avant tout les attraper. On peut pour cela utiliser un filet à main, comme nous l'avons décrit ci-dessus, pour attraper

les insectes craintifs ou des insectes plus gros faciles à repérer lorsqu'ils volent. Pour les tous petits insectes, une bouteille à aspirer peut être utile, comme le montre la figure 20. L'opération consiste à remplir d'alcool éthylique une bouteille en verre ou en plastique de 100 ml au tiers ou à moitié. En tenant près de l'insecte l'extrémité coupée en diagonal d'un tube en en aspirant fortement avec votre bouche sur l'autre tube, l'insecte sera aspiré dans la bouteille pour atterrir dans l'alcool où il mourra. On pourra alors l'examiner de plus près à la loupe ou au microscope.

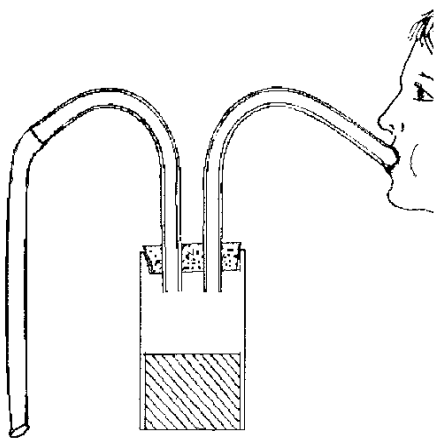


Figure 20 : Bouteille à aspirer les insectes

L'origine et la propagation des insectes

Les premiers insectes à attaquer une culture peuvent venir de partout. Certains, comme les criquets bruns (dans le riz) et les pucerons des plantes peuvent être transportés à 1000 km par les courants atmosphériques ascendants et parvenir à de très hautes altitudes. Les insectes peuvent donc être observés, en petites quantités, à des endroits remarquablement éloignés de leur lieu d'origine. Le plus souvent cependant, la première infestation provient de la même culture (ou des résidus de la récolte précédente), ou d'autres plantes hôtes dont les mauvaises herbes poussant dans les environs immédiats. Dans les champs nouvellement ensemencés, la quantité d'insectes nuisibles est généralement négligeable au départ. Cependant, si des insectes se posent sur une culture dont ils raffolent, ils peuvent se multiplier très rapidement : de 80 à 150 fois leur nombre chaque mois. Le cultivateur/la cultivatrice peut donc se retrouver confronté à une grave infestation d'insectes deux ou trois mois après les semences. Une fois le champ récolté, les insectes s'envolent en groupe vers d'autres champs de la même culture mais qui ont été ensemencés plus tardivement et n'ont pas encore été moissonnés. Par conséquent, ces champs seront plus sérieusement infestés encore que le champ ensemencé plus tôt.

Lutte

Mieux vaut procéder à l'élimination des insectes dans le cadre de la gestion intégrée des animaux nuisibles (Agrodok No. 30). La préférence devrait toujours être donnée à toutes les mesures possibles et imaginables pour réduire et prévenir les infestations d'insectes qui ne recourent pas aux pesticides chimiques synthétiques. De tels pesticides ne devraient être utilisés qu'à bout de ressource, si toutes les autres mesures essayées n'ont pas donné de résultats suffisants. Pour limiter la multiplication de la population d'insectes initiale, il est souhaitable de détruire les résidus des récoltes et de faire entièrement disparaître les mauvaises herbes et autres plantes hôtes.

L'utilisation de pesticides chimiques synthétiques n'est généralement pas recommandée car ceux-ci représentent de graves dangers pour le consommateur, l'environnement et les cultivateurs/-trices qui

l'emploi. Il y a cependant des situations pour lesquelles on ne peut s'en passer. Les agriculteurs/-trices pauvres ne possédant qu'une petite parcelle de terre doivent utiliser les pesticides pour pouvoir récolter plus d'une fois par an, ce qui est la seule façon pour eux/elles de produire suffisamment d'aliments et de revenus pour leurs familles. Malheureusement pour ces agriculteurs/-trices, il n'existe pas d'autres alternatives.

N'oubliez pas que certains insecticides ont un effet catastrophique sur les ennemis naturels des insectes nuisibles. Ce n'est évidemment pas une idée géniale que d'attaquer ses propres alliés, aussi est-il judicieux de choisir si possible les pesticides les moins nocifs pour les ennemis naturels des insectes ravageurs. L'information à ce sujet devrait être facilement accessible. Malheureusement, ce sont en général les pesticides les plus toxiques qui sont aussi les plus efficaces. Gardez cependant à l'esprit que les pesticides moins toxiques sont aussi souvent tout à fait efficaces.

Quand on veut utiliser des pesticides, il est important de prendre en compte leur efficacité, leur coût et les effets négatifs qu'ils peuvent avoir sur la santé publique et sur l'environnement. Des pesticides relativement bons et peu chers sont disponibles sur le marché mais les marchands font souvent la promotion de produits plus chers et plus efficaces car la marge de produit sur ces produits est plus grande.

Les pesticides n'ont pas tous le même degré de toxicité et de nocivité pour la santé publique et l'environnement. L'avantage des variétés les plus toxiques est qu'ils ont souvent un effet résiduel très bref sur les plantes (de 2 à 3 jours), ce qui atténue le risque pour les consommateurs. Néanmoins, il faut strictement respecter les périodes avant la récolte pendant lesquelles ces pesticides ne peuvent être employés. Les insecticides extrêmement toxiques sont trop dangereux pour être manipulés par des agriculteurs/-trices ayant peu de connaissances ou d'expérience dans ce domaine. Les cultivateurs/-trices qui veulent quoi qu'il arrive les utiliser devront demander conseil et assistance, si possible, à des professionnels. Évidemment, les pesticides moins toxi-

ques sont toujours préférables. Hélas, nombreux sont les agriculteurs/-trices, surtout dans les régions isolés, qui n'ont pas d'autre alternative car ils sont dépendants du nombre limité de produits que leur proposent les revendeurs locaux.

4 Les acariens

Les acariens sont de petits animaux de forme généralement ovale, d'une longueur de 0,1 à 0,8 mm. Ils sont quasiment invisibles à l'œil nu. Les acariens peuvent être jaunes-roux ou couleur lait. Ils se déplacent librement, généralement sur la face inférieure des feuilles.

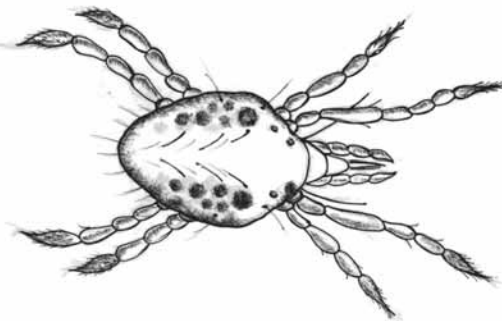


Figure 21 : Acarien (45x)

Ils produisent de temps en temps des fils formant une sorte de toile sous la feuille auxquels ils se pendent ou glissent pour aller vers un autre hôte. Les acariens ayant huit pattes, ils ne sont pas classés dans la catégorie des insectes qui ont tous six pattes. Les insectes et les acariens appartiennent à des classes biologiques différentes.

Comme leur nom le suggère, les acariens de galle et de bouton se trouvent dans les

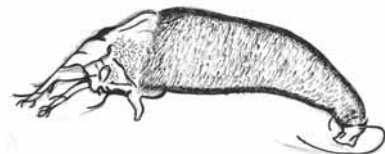


Figure 22 : Sarcopte de la galle et de bouton (60x)



Figure 23 : Dommage caractéristique causé par un sarcopte de la galle sur une orange

galles et les boutons, en opposition aux acariens se déplaçant librement. Les galles sont facilement repérables mais les acariens qui s'y cachent sont à peine visibles.

Ces acariens sont bien plus petits que la variété à déplacement libre et leur apparence est différente : ils ressemblent à des vers courts munis de seulement deux paires de pattes situées à l'avant près de leur tête. Ces acariens et leurs galles causent normalement peu de dégâts aux cultures.

Une population d'acariens des plantes peut aussi comprendre quelques acariens prédateurs utiles. Ceux-ci sortent souvent du lot car ils sont plus grands et se déplacent plus rapidement que leurs proies. Ils sont également moins nombreux que leurs proies. C'est pourquoi il est essentiel d'observer de près cette population.

Symptômes

Les acariens "se déplaçant librement" ne peuvent pas voler et restent sur la face inférieure des feuilles, de préférence près de la queue et entre ses nervures principales où ils se bougent lentement parmi leurs larves et œufs innombrables. Observez attentivement la face inférieure de chaque feuille, de préférence avec une loupe. Les acariens attaquent en perçant et en suçant. La feuille devient alors souvent jaune, également sur la face supérieure. Des attaques prolongées peuvent provoquer le dépérissement et le dessèchement de la feuille entière.

Origine et propagation des acariens

Les acariens ne volant pas, la première infestation du champ provient normalement d'une population résidant dans l'environnement immédiat. Les acariens se logent dans les plantes hôtes proches comme les mauvaises herbes. Ils peuvent marcher ou être transportés par le vent, accrochés à leurs fils, vers les plants de la nouvelle récolte. Les acariens peuvent hiberner dans les boutons des plantes vivaces.

.

Lutte contre les acariens

La plupart des pesticides chimiques qui agissent efficacement contre les insectes n'ont pas d'effet sur les acariens. Les acariens se trouvant généralement sous les feuilles ou dans les boutons, un acaricide systématique sera souvent plus efficace qu'un simple acaricide agissant par contact.

Les ravages causés par les acariens sont souvent importants après un traitement insecticide. En effet, l'insecticide tue les ennemis naturels des acariens (qui appartiennent à la classe biologique des insectes principalement) mais pas les acariens eux-mêmes. Ainsi, leur population peut-elle croître plus rapidement. Soyons donc très prudents dans l'emploi d'insecticides ! Pour éviter une explosion de la population des acariens après un traitement pesticide, il faut choisir l'un des rares insecticides ayant également un effet acaricide.

5 Les maladies végétales

Les champignons, bactéries et virus peuvent provoquer des maladies végétales. Les champignons font flétrir les feuilles ou causent le pourrissement des fruits ou d'autres parties de la plante. Une infection virale est souvent à l'origine d'un ralentissement de la croissance et d'une faible production. Les dégâts provoqués par les maladies peuvent signifier une perte considérable du rendement pour un fermier.

5.1 Les maladies fongiques

Les champignons sont des organismes composés de filaments à peine discernables (hyphe). Des groupes d'hyphes (mycélium) détachés sont clairement observables à l'œil nu et ressemblent à du fil de coton très fin. Ils sont généralement blanchâtres. Plus proche de l'organe fongique de fructification, les tissus de l'hyphe peuvent être 'tissés' de façon plus dense et ont l'air d'un tissu végétal robuste formant une masse compacte. Les groupes de spores et les organes de fructification (champignons) sont souvent très colorés. Les appareils sporifères verts qui ressemblent à un vieux pain moisi en sont des exemples familiers.

Une infection fongique est souvent due à des spores fongiques qui se déposent sur les feuilles, y germent et pénètrent le tissu végétal à travers son stomate (petites ouvertures dans l'épiderme [peau]), à travers les cicatrices ou parfois même directement à travers l'épiderme de la plante. Les filaments se développent à vive allure dans les tissus végétaux affectés, d'où ils extraient les éléments nutritifs et dans lesquels ils peuvent sécréter des substances toxiques pour la plante. Le tissu végétal affecté finit éventuellement par mourir. Les effets destructifs des champignons sont généralement limités à la zone touchée mais il existe certaines variétés de champignons qui pénètrent la plante par ses tissus vasculaires (xylème) et qui se répandent ensuite dans l'ensemble du système vasculaire. Le dépérissement en nombre des tissus végétaux peut avoir des conséquences économiques graves pour l'agriculteur/-trice.

Les champignons peuvent attaquer toutes les parties d'une plante. Une maladie fongique peut avoir une cause primaire (dans la plupart des cas) ou une cause secondaire. Une infection ou une attaque directe du tissu végétal sain sont une cause primaire de maladie. Quand l'infection a lieu dans un tissu végétal déjà affaibli, atteint ou mort pour une raison ou une autre, à cause par exemple d'une blessure faite par une machine ou d'une infestation par des insectes, on appelle cela une infection secondaire. Il est important de garder cette distinction à l'esprit lorsque l'on essaie d'établir la cause d'un dégât.

Les champignons sont responsables des plus gros ravages agricoles dans la mesure où ils conduisent à la perte massive de feuilles ou de fruits pourris. Les champignons installés dans les racines peuvent également causer des dommages considérables parmi les plantes vivaces. Lorsque l'on cherche à diagnostiquer la cause du dommage, il est utile de bien connaître les différentes maladies végétales. On peut se procurer des publications informatives sur les symptômes avec des illustrations en couleur auprès du ministère de l'Agriculture ou des sociétés de semences et autres fournisseurs de produits agricoles.

Symptômes

Pour identifier l'agent pathogène, il convient d'inspecter toutes les parties de la plante malade, y compris les racines. Les symptômes d'une maladie fongique ne se limitent normalement pas à quelques plants ou à une zone particulière du champ ; ils s'étendent au contraire sur toute la surface cultivée. (cela vaut également pour les maladies bactériennes). En revanche, les dégâts causés par les nématodes, les virus ou les déficiences nutritives se cantonnent plus souvent à des zones précises. Les taches sur les **feuilles** sont le symptôme le plus évident d'une maladie fongique. Ces taches sont



Figure 24 : Dommages caractéristiques d'une maladie fongique

normalement rondes ou ovales, mais elles peuvent aussi être rectangulaires ou allongées en fuseau (pointues). On les trouve généralement sur la face supérieure de la feuille et elles s'étendent le plus souvent au-delà des bords de la feuille. Au début de l'infection, on peut observer des régions moisies sur la feuille (par exemple le *Phytophthora infestans* sur les pommes de terre) qui est amenée à dépérir. A un stade plus avancée de l'infection, les taches ont un cœur mort (brun) et sont entourées d'un halo de couleur claire ou foncée. Des lignes concentriques composées de différentes nuances de brun ou gris se forment également au centre (c'est également le cas pour les chancres). Ces symptômes indiquent une infection fongique ou bactérienne. Vous pouvez être sûr qu'il s'agit d'une maladie fongique si vous voyez un tissu fongique (hyphe) (de couleur clair généralement) près des taches, le plus souvent sous la feuille. La maladie fongique est également reconnaissable à la présence d'organes de reproduction sur le dessus de la feuille ou en dessous, ayant la forme de pustules ou de zones fines comme des bâtonnets qui contiennent une substance poudreuse. Ce sont des spores de champignons aux couleurs variés comme le blanc, le brun jaunâtre ou le noir.

Il arrive parfois que, après la formation de taches rondes sur les feuilles, de pruniers par exemple, le tissu des régions affectées dépérisse et se désintègre, laissant des trous à la place des taches. On peut alors penser que des insectes ont rongé les feuilles ou que les feuilles ont été hachées par des grêlons. Dans ce cas, l'agent destructeur n'est pas les insectes mais un champignon. Son nom de 'maladie criblée' est une très bonne description du phénomène.

Le pourrissement du collet et des feuilles les plus basses touchant le sol (les feuilles de laitue par exemple), ou le pourrissement juste au-dessus du sol, dans les tiges des jeunes semis, est généralement du à un champignon du sol. Si une plante se flétrit, partiellement ou totalement, à commencer entre les nervures des feuilles, il se peut que le xylème ait été bloqué par un champignon (par ex. le *fusarium*, le *Verticillium* spp dans la tomate), alors que les symptômes semblent indiquer un manque d'eau. Une autre possibilité est que la tige a été man-

gée de l'intérieur par des insectes qui ont attaqué le système vasculaire et empêché ainsi l'approvisionnement en eau des parties supérieures de la plante.

Ordinairement, les symptômes d'une maladie fongique apparaissent d'abord sur les feuilles juste au-dessus du sol, et bien plus tard seulement sur les autres parties de la plante. Cependant, pendant ou juste après la germination des semences, il peut y avoir une fonte des semis avec l'apparition de pourriture sèche dans la tige juste au-dessus du sol provoquant la dégradation du semis. Dans ce cas, le dommage est aussi dû à un champignon du sol (par ex. *Pythium*, *Phytophthora* spp.).

Dans le cas des plantes vivaces, comme le citronnier adulte, des champignons du sol peuvent infecter les tiges ou le tronc près du sol lorsque des gouttes de pluie s'écrasent contre la tige. Le champignon forme alors des chancres à la suite de quoi la plante entière, l'arbrisseau ou l'arbre peuvent tomber malades. Les parties supérieures d'une plante ou d'un arbre peuvent être infectées par un champignon transporté dans l'air, des dégâts localisés pouvant alors se développer sous la forme de chancres sur les tiges ou les branches (qui peuvent d'ailleurs aussi apparaître sous l'effet d'une bactérie ou du gel !).

Le dépérissement aux extrémités inférieures et supérieures peut aussi être causé par un champignon (espèces *Colletotrichum* spp. et *Rhizoctonia* spp. dans le caféier et le citronnier). La couche épidermique des parties les plus jeunes de la branche est plus fine que celle des parties plus âgées et est de ce fait plus sujette aux attaques d'un champignon. Le premier signe d'attaque est souvent la formation de taches creuses aux extrémités des jeunes pousses (ou sur le fruit). Le dépérissement continue en direction de la tige sur une petite portion et s'arrête de lui-même. Ensuite, l'écorce meurt et éclate. La gommose peut alors aussi faire son apparition.

Les champignons installés sur les racines peuvent nuire sérieusement aux cultures vivaces comme le café, le thé, le caoutchouc ou le cacao. Les feuilles des plantes infectées se ramollissent, brunissent, se flétrissent puis tombent. Ces champignons attaquant les **racines** des plantes, la croissance est retardée et des taches de pourriture peuvent se développer ; il arrive que la racine soit entièrement noire et pourrie ou ressemble à une queue de rat. Dans un cas moins grave, du tissu fongique (mycélium) peut être détecté dans le bois ou entre le bois et l'écorce sous la forme de rhizomorphes blancs, rouges, bruns ou noirs (brins de tissu fongique aussi gros qu'un lacet de chaussure). Il arrive que des taches creuses soient visibles sur l'écorce à la base de la tige ou sur les racines, ou que l'écorce soit fendue et qu'un périthèce (organes de fructification contenant des spores) de 1,5 à 2,5 mm apparaisse. Attaquées par un champignon, les racines peuvent brunir ou noircir, se dessécher et se fragiliser. Ce n'est que lorsque l'arbre ou l'arbuste sont presque morts que les organes de fructification se développent, souvent sous la forme de champignons, sur les racines, le tronc et les branches. Cela n'est parfois rien de plus qu'une fine croûte de tissu fongique densément tissé qui enserre une branche sur quelques centimètres. Cette croûte est faite de canaux fins contenant les spores qui s'échapperont et se disperseront ultérieurement.

Outre les feuilles donc, le mal peut aussi toucher les parties inférieures de la plante (par ex le *Phytophthora* dans les pommes de terre). De la pourriture ou une sorte de galle peut se former sur les tubercules. Seuls quelques champignons (*Synchytrium* et *Spongospora* spp.) peuvent provoquer la formation d'excroissances liégeuses et de galles à la base du tronc et sur les racines. (celles-ci ne sont donc pas causées par l'*Azotobacter* spp ou une infestation de nématodes !)

Il n'est pas habituel qu'une infection fongique sur les **graines** se produise dans le champ. L'ustilago et la carie peuvent transformer les épis (en nombre généralement restreint) en une masse de spores cireux et poudreux noirs ou verts. La perte économique qui s'en suit est généralement très limitée mais dans certains cas, comme dans la carie du blé au Moyen-orient, les pertes peuvent s'élever à 80%.

Les graines peuvent être infectées par des champignons du sol tout de suite après l'ensemencement. Les dégâts sont alors considérables. La pousse meurt avant même d'être sortie du sol. Dans ce cas, il doit être possible de voir le tissu fongique sur la graine germée.

Les graines stockées peuvent être attaquées par les champignons lorsqu'il y a trop de pourriture. Le lieu de stockage sent alors la moisissure et on peut voir des tissus fongiques parmi les graines. La capacité de germination des graines décline alors dramatiquement, pas vraiment à cause du champignon mais plutôt suite à la moisissure et aux conversions biochimiques dans la graine qui en découlent.

Si toutes les plantes d'une certaine zone du champ cultivé sont malades alors que les autres parties du champ restent intouchées, il est possible que les dégâts soient dus à un champignon du sol (ou à une infestation de nématodes).

Les symptômes d'une infection fongique peuvent beaucoup ressembler à ceux d'une infection bactérienne. Pour savoir vraiment quel agent pathogène est à l'origine du dégât, on peut traiter avec des pesticides spécifiques. Si une plante traitée avec les fongicides benomyl + étriadiazole, une association efficace pour tous les champignons (si vous ne pouvez vous procurer ces fongicides, utilisez à la place du mancozeb, du maneb ou du dithane) ne montre pas d'amélioration, l'origine du problème n'est probablement pas fongique mais bactérienne. Pour utiliser efficacement les fongicides de cette façon, c'est-à-dire comme outil d'analyse, il est essentiel de les appliquer précocement (en fait, de façon préventive) ; et, étant donné la menace constante d'infections provenant de l'environnement de la plante, il convient de traiter de façon répétée. Vous pouvez ainsi être sûr que la croissance de la plante ne sera pas affectée par les maladies fongiques et leurs symptômes pendant un certain temps.

Si aucun tissu fongique ne peut être observé près de la zone affectée, il est encore possible de détecter en laboratoire la présence d'un champignon en coupant une bande de 3 à 15 cm de la partie affectée de la

plante et en la mettant dans un sac en plastique, à l'instar de la méthode décrite à la figure 2.2. On peut également utiliser une simple boîte à chaussures en carton ou en plastique recouverte d'ouate humidifiée en permanence. Le sac en plastique ou le dessus de la boîte ne doivent être que légèrement ouverts de façon à conserver l'humidité à l'intérieur. S'il y a un champignon sur le tissu végétal, il se manifestera de lui-même au cours d'une semaine en développant une quantité non négligeable de tissu fongique qui sera alors observable au microscope. N'oubliez pas que le champignon peut être une infection secondaire qui s'est développée sur des tissus antérieurement endommagés (ou morts). Le champignon lui-même n'est pas nécessaire la cause de la mort du tissu.

Origine et propagation des maladies fongiques

Les champignons produisent des spores sur les variétés cultivées et les mauvaises herbes. Les spores sont propagés par le vent, l'eau (pluie, irrigation), les insectes et autres animaux qui entrent en contact avec la plante. Une maladie peut aussi être propagée par les êtres humains, lorsqu'ils utilisent du matériau végétal malade pour commencer une nouvelle culture. Les infections se produisent de ce fait très facilement.

Le climat est un facteur important dans le développement des maladies fongiques qui se déclarent suite à une humidité excessive du sol, de l'air, ou des deux. Une exception à cette règle est le mildiou qui se développe en période sèche sur les pommes et les raisins. Un excès de pluie entraîne en premier lieu des maladies sur les feuilles (par exemple la cloque dans le thé, le *Phytophthora* dans les pommes de terre), alors qu'un drainage insuffisant stimule le développement de champignons dans le sol.

Les dégâts causés par les insectes broyeur ou perceurs fournissent une opportunité supplémentaire aux champignons pour pénétrer la plante et provoquer ainsi de la pourriture, en particulier dans les fruits. La pourriture peut également être provoquée par les excréments de chenilles (foreuses), comme dans le cas de l'inflorescence émergente

en haut de la tige de riz. Les champignons du sol peuvent aussi pénétrer les racines en traversant les lésions causées par les nématodes.

Les champignons du sol peuvent se propager par la terre qui reste collée à la semelle des chaussures ou aux pattes des animaux. Les champignons des racines, comme ceux que l'on trouve dans les plantations de café, de thé, de caoutchouc et de cacao, se répandent lentement sous terre par le biais de racines vivantes ou mortes et par le biais d'autres matériaux organiques morts. Ces champignons sont généralement très nuisibles.

Lutte

Les maladies fongiques peuvent être contrôlées efficacement en prenant des mesures culturales et, si c'est vraiment indispensable, en appliquant des pesticides chimiques. Les mesures culturales incluent l'utilisation de variétés tolérant les maladies, l'arrachage (ou la taille) des parties endommagées de la plante, et la rotation avec des cultures insensibles à certaines maladies. En général, la méthode la plus probante est de cultiver des variétés tolérant les maladies. Fort heureusement, les variétés de plantes résistantes sont déjà nombreuses à être commercialisées.

Étant donné que les tissus et spores fongiques sont le plus souvent localisés sur la plante et non à l'intérieur, il suffit pour prévenir l'infection et la propagation de la maladie de pulvériser à la surface des feuilles et des tiges un fongicide dilué dans de l'eau. Gardez cependant à l'esprit que des averses fréquentes peuvent rapidement faire disparaître le fongicide des feuilles. Le moyen le plus efficace et le plus rentable pour protéger les jeunes pousses est de traiter les semis avec un fongicide (de préférence systématique). La quantité de fongicide utilisée pour protéger les semences est ainsi très limitée. De même, il est rentable de désinfecter le sol des planches de germination et de propagation car la surface à traiter est limitée et ne requiert qu'une petite application de fongicide.

5.2 Les maladies bactériennes

Les bactéries sont des organismes unicellulaires qui ne mesurent guère plus que quelques milliers de millimètres. Elles sont observables au microscope mais pas à l'œil nu. Les bactéries ne provoquent pas aussi souvent de maladies que les champignons mais elles peuvent attaquer gravement certaines cultures. Tout comme les maladies fongiques, les maladies bactériennes se manifestent sur les feuilles, les tiges/branches/troncs et les parties souterraines de la plante ainsi que sur et à l'intérieur des fruits. Il existe différentes sortes de bactéries, mais une poignée d'entre elles seulement (*Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* et *Corynebacterium*) sont responsables des maladies bactériennes les plus courantes chez les plantes.

Symptômes

Les symptômes des maladies bactériennes des plantes ressemblent beaucoup aux symptômes des maladies fongiques. Les chancres causés par une infection bactérienne, par exemple, sont identiques à ceux provoqués par une infection fongique. Les lésions sont parfois entourées d'un halo de couleur claire, comme c'est le cas dans une attaque fongique.

Cependant, les pustules, les bâtonnets (groupes de spores) ou les autres organes de fructification, caractéristiques d'une infection fongique, ne se retrouvent pas dans les infections bactériennes. Les taches mortes sur le tissu des feuilles qui sont consécutives à une infection bactérienne ont également un contour plus anguleux que celles causées par une infection fongique. Si, à un stade précoce de l'infection, des taches anguleuses, foncées, huileuses ou humides commencent à se former, notamment en dessous des feuilles, il y a une forte chance que l'origine du mal soit une bactérie. Ces taches vont ensuite dépérir, la feuille entière risque de devenir jaune et de se dessécher totalement.



Figure 25 : Dommage causé par une maladie bactérienne

Malheureusement, une infection bactérienne ne génère pas toujours ces taches caractéristiques sur les feuilles. La maladie peut aussi se manifester de façon différente, entraînant aussi le jaunissement, le flétrissement et éventuellement le dépérissement des feuilles et tiges.

Le chancre bactérien (*Corynebacterium michiganense*) produit des traînées brunes sur la tige centrale d'un pied de tomate et des "yeux" sur ses fruits. Ces « yeux » consistent en des taches rondes légèrement gonflées avec un centre rouge entouré d'un cercle blanc.

Les taches sur les feuilles dues aux maladies bactériennes (ainsi qu'aux maladies fongiques) commencent en général à se développer à la surface des feuilles mais peuvent aussi de temps en temps apparaître sur les bords où les tissus endommagés meurent. Les bactéries s'installent aussi dans le système vasculaire des tiges, racines et feuilles, leur propagation dans toute la plante étant ainsi plus probable que dans le cas de champignons pathogènes. Il s'ensuit, parmi d'autres effets, une pourriture à l'intérieur des racines et des tiges où les veines commencent à foncer. En effectuant une coupe sur les parties malades, on peut presque toujours voir perler un liquide gluant et crémeux de couleur blanche, jaune, orange ou foncée.

Les fruits et les tiges peuvent être sérieusement attaqués par la pourriture. En général, la pourriture humide, qui coïncide avec la production d'une substance gluante, est due à une bactérie, alors que la pourriture sèche est causée par un champignon. Une exception à cela : les chancres et excroissances sèches et fissurées que l'on trouve sur les citrons attaqués par la bactérie *Phytophthora*.

Des traînées longues, lisses, parallèles, blanc-jaunâtre (qui sont des colorations anormales et non des groupes de spores !) sur les feuilles des plantes monocotylédones comme le riz sont un autre symptôme d'une infection bactérienne.

Les infections bactériennes peuvent également entraîner le développement de galles sur les branches et tiges de cultures annuelles et vi-

vaces ; dans les pommiers et les chênes (tous les deux des produits agricoles vivaces), ces excroissances peuvent même atteindre une épaisseur de plusieurs centimètres. Cela cause peu de dégâts quoi qu'il en soit et il n'est pas vraiment nécessaire de prendre des mesures pour les éliminer.

Pour déterminer si une maladie est provoquée par une bactérie, vous pouvez faire tremper dans de l'eau propre un bout malade de la feuille ou de la tige en utilisant une bouteille ou un récipient transparent (ne remplissez pas trop d'eau). Si l'eau se trouble au bout d'une heure environ du fait de la substance gluante suintant du matériau, il y a de fortes chances que la plante soit atteinte d'une maladie bactérienne.

Une autre façon de faire la distinction entre une maladie fongique et une maladie bactérienne est d'appliquer un pesticide spécifique. Si les symptômes se maintiennent après le traitement avec les fongicides benomyl et étridiasole associés, l'infection est probablement d'origine bactérienne.

Origine et propagation des maladies bactériennes

Les bactéries possèdent un ou plusieurs flagelles (appendices ressemblant à des cheveux) grâce auxquels ils se propulsent pour autant qu'ils évoluent dans une fine pellicule d'eau. A l'inverse des champignons, dont les spores germent et peuvent alors pénétrer dans la peau intacte de la plante, les bactéries infectent presque exclusivement la plante aux endroits faibles, comme les cicatrices des feuilles, les stomates et les lenticelles (petits pores à la surface des tiges et des racines) et les plaies. Ces endroits peuvent avoir été la proie des insectes, des éraflures d'épines, des nématodes, d'une intervention humaine sur la plante (la taille par exemple) ou d'autres meurtrissures d'origine mécanique. Dans le sol, les bactéries peuvent pénétrer la plante par le biais de lésions dans les racines, lésions faites par exemple par les nématodes.

Les bactéries évoluent partout, dans l'air et sur les choses. Elles sont transportées par l'activité humaine, les chaussures, les pattes

d'insectes, ou le déplacement de poussière. Dans bien des cas, comme pour le *Xanthomonas* sp. dans le coton, les bactéries et leurs maladies se répandent dans les champs (outre par le biais de graines contaminées) par le biais d'éclaboussures de gouttes de pluie et de l'irrigation. Étant donné que les bactéries pathogènes des plantes se transportent dans toute la plante en passant par le système vasculaire, elles peuvent aussi infecter les graines. Une fois semées, les graines risquent d'introduire la maladie dans une nouvelle culture.

Lutte

La lutte contre des maladies bactériennes passe premièrement par la prise de mesures sanitaires préventives : désinfection des graines et outils tranchants avec du lysol par exemple, arrachage des mauvaises herbes qui peuvent servir d'hôtes, guérison des plaies dues à la taille et désinfection du sol. La lutte contre la maladie vise aussi à éliminer les insectes qui propageront éventuellement la maladie à la nouvelle culture.

Si la maladie de Moko est découverte dans les bananiers, la seule mesure vraiment efficace à prendre est d'arracher les plants entiers, y compris leurs racines. Avant de planter à nouveau, mieux vaut désinfecter le sol avec du bromure de méthyle. Un sol qui a été contaminé par des bactéries peut aussi être soigné en pratiquant la rotation des cultures. Une nouvelle culture non sensible à ce type particulier de maladie bactérienne, qui est en général alors une culture d'une famille botanique différente, devra être cultivée sur cette portion de terrain pendant au moins sept ans. Une autre façon de désinfecter le sol, en dehors de l'application de produits chimiques, est la solarisation.

S'il existe un grand risque de maladie bactérienne, les graines doivent être traitées avec un agent chimique avant d'être semées. Autrefois, on utilisait pour ce faire des composants mercuriels. Ils sont de nos jours interdits dans la plupart des pays parce qu'ils sont toxiques et seuls les agents à base de cuivre sont utilisés, bien qu'ils ne soient pas toujours efficaces. Pour prévenir la bactériose du cotonnier (*Xanthomonas malvacearum*), les graines de coton sont trempées dans l'acide sulfu-

rique qui les désinfecte par la même occasion. Pour prévenir les maladies bactériennes dans les plants de tomates et de poivrons, les graines sont trempées pendant 30 minutes dans de l'eau préchauffée à une température de 50 à 56°C. (voir Agrodok No. 17).

Les infections bactériennes des plantes peuvent être en grande partie éliminées en les pulvérisant avec des agents chimiques, de la même façon que celle décrite pour les maladies fongiques. Souvenez-vous cependant que la plupart des fongicides n'ont aucun effet sur les bactéries. Les composants cuivreux mentionnés plus haut sont les seules exceptions à cette règle. La pulvérisation de ces composants affectera non seulement les champignons mais également les bactéries, du moins dans le sens où ils empêcheront celles-ci de se développer. Sachant que la présence des bactéries pathogènes à l'intérieur des plantes est quasiment « systémique », il n'est pas surprenant qu'on ne puisse être efficace à 100% en appliquant un désinfectant uniquement à l'extérieur de la plante.

La façon la plus efficace et la plus simple d'éviter les problèmes est de n'acheter que des produits agricoles garantis sans bactérie auprès d'un fournisseur fiable et de ne cultiver que des variétés résistantes aux maladies (qui existent de nos jours pour de nombreuses plantes).

5.3 Les maladies virales

Un virus est un agent pathogène submicroscopique de structure protéinique qui n'est pas visible à l'œil nu. En se multipliant rapidement dans les cellules végétales vivantes, le virus peut endommager la plante hôte et en réduire considérablement la production, au grand dam de l'agriculteur/-trice ou du jardinier/de la jardinière. Les infections virales sont souvent propagées par des insectes perceurs et suceurs. Les dégâts causés par le virus sont alors généralement plus importants que la blessure mécanique infligée par l'insecte.

Symptômes

Normalement, le tissu végétal attaqué par une maladie virale ne meurt pas immédiatement. Il ne porte donc pas de taches ou de zones nécrosées. Le symptôme principal d'une infection virale est la couleur claire (blanche ou jaune) des feuilles ou le dessin en mosaïque d'ombres vertes claires et sombres sur les feuilles. Des



Figure 26 : Damage caractéristique d'une maladie virale

taches plus grandes (ayant parfois l'aspect d'une feuille de chêne) composées de motifs en « traits de pluie » (avec de nombreuses lignes et bandes étroites parallèles jaunes ou vert pâle) peuvent également apparaître. Les taches dessinant une mosaïque peuvent être angulaires (bordées par les nervures de la feuille, ou rondes et parfois même en forme d'anneau, ce dernier cas impliquant généralement un virus dans le sol. Les nervures de la feuille peuvent également s'éclaircir, devenir cireuses et une strie plus foncée peut apparaître de chaque côté (éclaircissement des nervures). Le virus du psorose touchant les citronniers provoque le dépérissement de l'écorce qui s'écaille au-dessus du point de greffe. La gommosse fait alors également son apparition.

Dans bien des cas, la maladie virale entraîne une croissance atrophiée, la formation de rosette ou d'autres difformités étranges des branches/tiges et des feuilles. Le riz par exemple, peut prendre l'apparence d'une herbe à mesure que ses feuilles rétrécissent et s'amincissent. Le cacao peut prendre l'apparence d'un « balai de sorcière » du fait des nombreuses petites branches qui poussent très rapprochées les unes des autres. L'enroulement des feuilles de coton entraîne une déformation du bord des feuilles qui frisent, ondulent ou se tordent sous l'effet d'une croissance inégale des différentes parties de la feuille. Le même effet peut être observé chez les fruits (par ex. les agrumes) qui développent des crevasses superficielles ou des renflements et autres irrégularités sur leur surface.

Les symptômes des infections virales ne sont pas toujours observables sur toutes les plantes d'un champ cultivé, ce qui est en revanche le cas des maladies fongiques ou bactériennes. Il est presque toujours possible de trouver des plants ne portant aucun signe de la maladie. De façon surprenante, même une plante qui est entièrement infectée par une maladie virale peut n'avoir de symptômes que sur une partie spécifique, par exemple sur la moitié d'une feuille.

La coloration anormale des feuilles (plus claires), la déformation des feuilles et des tiges, la croissance atrophiée et la mosaïque sur les feuilles peuvent cependant être des signes d'une carence nutritive ou d'une infection par un virus ou un nématode. Il n'est pas possible de diagnostiquer avec certitude une maladie virale à première vue sans faire de test en laboratoire. La meilleure approche dans ce cas est probablement de faire quelques tests simples pour établir si l'anomalie a pu être provoquée par une déficience nutritive ou une infestation par un nématode. Pour ce faire, on peut pulvériser une solution nutritive de micro- et macro éléments sur la plante affectée et appliquer un nématocide pour voir si la plante se porte mieux. Si tel n'est pas le cas, il est fort probable que le dommage est causé par une infection virale.

Origine et propagation des maladies virales

Les virus sont généralement transmis aux cultures par les insectes (vecteurs) qui ont des pièces buccales suceuses, en particulier les aphidiens, les cercopes et les aleurodes, bien que d'autres ordres et familles d'insectes puissent également être vecteurs. Ces insectes peuvent venir du voisinage direct ou d'une contrée lointaine. Le terrible virus tristezza des agrumes est disséminé par un aphidien qui peut être transporté sur des centaines de kilomètres par les courants atmosphériques. L'infection peut donc provenir de lieux très éloignés, notamment les régions sujettes au typhons. Les virus peuvent aussi être propagés par des mains humaines ayant été en contact avec une culture ou un produit infectés. Le virus de la mosaïque du tabac est un exemple de maladie propagée de cette façon, les travailleurs touchant le tabac après avoir roulé des cigarettes contenant du tabac infecté. Le matériel végétal propagé végétativement peut également disséminer les virus.

Les virus du sol peuvent être propagés par les nématodes et certains champignons présents dans le sol.



Certaines variétés culturales peuvent porter un virus sans en souffrir réellement.

L'agriculteur/-trice peut même ne pas remarquer la présence de la maladie jusqu'à ce qu'elle se propage à une autre variété plus fragile qui sera gravement attaquée. Ce n'est qu'alors que la présence du virus peut être clairement établie.

Figure 27 : L'aleurode (25x)

Lutte

Les plantes visiblement atteintes par une maladie virale doivent être arrachées et détruites le plus rapidement possible. Si un virus se propage par les graines, il est parfois possible de le neutraliser en trempant les graines dans de l'eau chaude. Les virus ne peuvent être éliminés au moyen d'agents chimiques. Le meilleur moyen de prévenir une infection virale est d'utiliser des graines et matériaux végétaux garantis sans virus. Il est possible cependant d'éliminer les vecteurs (insectes, nématodes) en appliquant des produits chimiques ou en respectant strictement les périodes pendant lesquelles une culture fragile ou une autre culture botaniquement proche ne peut être cultivée sur un champ particulier.

Il est très difficile de désinfecter un sol infesté par un virus. La meilleure solution est de planter des plantes qui ne sont pas sensibles au virus en question ou d'introduire une période de jachère au cours de laquelle le sol sera pleinement exposé au soleil. Il existe sur le marché des variétés améliorées et résistantes aux virus. L'utilisation de ces variétés est le meilleur moyen de prévenir les infections virales.

6 Les nématodes

Les nématodes sont des anguillules ne faisant pas plus de 2 millimètres de long et de ce fait à peine visibles à l'œil nu. Ils vivent dans le sol d'où ils attaquent les plantes. Une infestation de nématodes est extrêmement difficile à éradiquer.

Il existe de nombreuses sortes de nématodes qui parasitent des centaines de plantes différentes. Ils attaquent ces plantes de l'extérieur, par les racines, ou ils pénètrent la plante, la ruinant de l'intérieur. Les nématodes se divisent en deux groupes en fonction de la façon dont ils pénètrent la plante : ceux qui ne font que forcer leur tête dans les racines de la plante et ceux qui pénètrent dans la plante par la racine en se frayant un chemin jusqu'aux tiges et aux feuilles.

Les nématodes ont des pièces buccales leur permettant de percer la plante et de sucer la sève. Cela peut entraîner une perte de production considérable ; mais les pertes peuvent être encore plus graves si des virus ou des champignons pénètrent dans la plante par les blessures faites par les nématodes et se mettent à attaquer la plante. Les nématodes de la nodosité des racines produisent des galles sur les racines de 1 à 20 mm de diamètre, donc visibles à l'œil nu. Les femelles adultes, en forme de poire, sont blanches et mesurent de 0,5 à 1 mm de long. Elles sont installées dans les galles ou bien dépassent des racines.

Les nématodes se multiplient plus rapidement quand la température augmente. La reproduction augmente substantiellement au-dessus de 20°C et atteint son summum à 28-30 °C. Une femelle peut pondre plusieurs centaines d'œufs. Les nématodes sont plus à l'aise dans des sols humides que secs mais on ne les trouve pas dans des milieux anaérobiques, résultant par exemple d'inondations ou de l'irrigation. Ils préfèrent également les sols sablonneux aux sols argileux.

Symptômes

Si vous découvrez que, dans la partie d'un champ cultivé accusant manifestement un retard de croissance, les plantes ont une couleur plus claire, que leurs feuilles ont une forme anormale sans pour autant montrer une structure en mosaïque, vous pouvez craindre une infestation de nématodes.

Le processus d'altération causée par les nématodes progresse plus lentement chez les arbres et les arbustes que chez les plantes vivaces. Mais même chez les plantes vivaces, l'infestation est tout de suite visible sur les feuilles : elles grandissent moins vite, sont plus claires et jaunâtres, et tombent plus tôt (chute prématurée des feuilles). Les tiges dessèchent également. Les arbres fruitiers infectés produisent par ailleurs des fruits de moindre qualité.

La plupart des nématodes se trouvent dans les racines et les tiges mais il existe également une espèce moins connue qui attaque les feuilles. Des taches nécrosées entre les nervures sont alors visibles sur les feuilles, ce qui peut porter à conclure à une maladie fongique ou bactérienne plutôt qu'à une infection de nématodes.

On peut identifier une infestation de nématodes aux nombreuses taches de pourriture sur les racines, qui sont causées par des champignons secondaires ayant profité des plaies faites par les nématodes pour pénétrer dans la plante. Ces taches de pourriture ne se développent au départ que dans l'écorce mais il peut arriver que la racine entière pourrisse. Les plantes affectées par les nématodes montrent des signes de stress hydrique (elles se fanent) plus tôt que les plantes saines. Les nématodes peuvent faire mourir des plantes vivaces.

Comment pouvez-vous savoir si une plante est affectée par une infestation ou une maladie dues aux nématodes ? Vous pouvez traiter les plantes touchées au moyen d'un nématicide systémique. Si les symptômes disparaissent, vous êtes sûr que les nématodes étaient responsables, bien qu'une seconde infection par d'autres agents pathogènes ait pu aussi avoir lieu. Une autre méthode pour détecter les nématodes se

pratique en laboratoire. Des morceaux de racines, de tiges ou de feuilles de la plante atteinte sont placés dans un tube en verre rempli d'eau. Les nématodes sont forcés de sortir du matériau, permettant ainsi qu'on les observe et identifie au microscope.

Origine et propagation des nématodes

De nombreuses plantations et jardins sont déjà contaminés par les nématodes. L'infestation se propage aux terrains non infectés par le biais de matériaux végétaux infectés, lors du déversement ou perte pendant le transport de résidus végétaux infectés, ou par la terre transportée sous les chaussures ou sous les pattes des animaux venant d'une parcelle infectée. Les nématodes peuvent également être répan-dus par l'écoulement de l'eau de pluie. La vitesse de déplacement des nématodes dans le sol est en soi très limitée, pas plus de quelques mètres par an. L'infestation et ses symptômes commencent donc en général sur une petite parcelle limitée de la zone cultivée.

Lutte

Il est très difficile d'éradiquer une population de nématodes qui s'est installée dans une zone. Toutes les mesures possibles doivent être prises pour empêcher l'infestation de prendre de l'ampleur et de s'étendre à de nouvelles plantations. Les matériaux végétaux garantis sans nématodes doivent être achetés chez des fournisseurs de confiance. Tout matériau végétal provenant d'une autre source doit être examiné avec attention (par des professionnels si possible) avant d'être planté ou greffé sur une nouvelle plante afin de détecter tout symptôme d'infestation de nématodes. On trouve sur le marché des variétés résistantes aux nématodes et des souches d'arbre et d'arbuste résistantes.

Une mesure préventive capitale consiste à assurer une rotation annuelle efficace des cultures, ainsi qu'à éliminer les mauvaises herbes qui peuvent servir de plantes hôtes pour les nématodes. Une culture sujette aux nématodes ne devrait être cultivée sur le même terrain qu'une fois tous les trois ans.

Les planches de semis et les pépinières de plantes vivaces sont souvent stérilisées à la vapeur ou avec des pesticides chimiques (nombre d'entre eux tuant par la même occasion les insectes et les champignons). Les nématicides sont souvent injectés machinalement dans le sol. Cependant, certains nématicides sont solubles dans l'eau et donc plus faciles à utiliser. Grâce à l'eau de pluie ou d'irrigation, une solution d'eau et de nématicide versée sous un arbre ou un arbuste pourra atteindre la zone racinaire où elle aura une action efficace. Cette opération peut avoir lieu avant ou après la plantation. Pour autant que l'on ait appliqué le type correct de nématicide, cela ne devrait pas avoir d'effets nuisibles sur l'arbre ou sur l'arbuste.

Vous pouvez nettoyer le matériel végétal infecté d'un bananier (qui se développe sous la forme d'une grosse bulbe) en le trempant dans de l'eau chaude à 55°C ou dans de l'eau contenant du nématicide.

7 Les carences nutritives

7.1 Symptômes des carences

Si les anomalies de croissance détectées ne semblent pas être dues à l'un des organismes pathogènes décrits ci-dessus, il se peut qu'elles proviennent d'une carence en un ou plus des 13 éléments chimiques absorbés par les plantes dans le milieu où elles s'enracinent, à savoir la plupart du temps, le sol. Ces éléments étant indispensables à la croissance normale des plantes, on les appelle des éléments nutritifs ou encore nutriments. Un déficit de l'un ou plusieurs de ces éléments nutritifs peut sérieusement perturber le développement de la plante et entraîner une diminution substantielle de sa production.

Les éléments nutritifs sont presque toujours absorbés par la plante sous forme d'ions (cations ou anions). Les plantes ne sont pas capables d'absorber de composants organiques, à l'exception des composants les plus simples, comme l'urée. Pour chaque plante particulière, les symptômes provenant du manque d'un seul élément se différencient clairement des symptômes causés par le manque d'un des 12 autres éléments. Un manque en nitrogène (N) par exemple se manifeste sous la forme d'un jaunissement de la feuille (chlorose), un manque de potassium (K) par un dessèchement du bord des feuilles et un manque de magnésium (Mg) par un jaunissement des tissus de la feuille entre les nervures latérales. Un facteur de complication s'ajoute à cela puisque les symptômes d'une carence en d'autres éléments peuvent varier en fonction du type de plantes. Par exemple, les symptômes de déficience en manganèse (Mn) dans le coton sont différents de ceux signalant le même manque dans les agrumes ou les arachides.

Une fois qu'un observateur a établi à quelle carence nutritive correspondaient les symptômes constatés, il lui faut ensuite de déterminer lequel des 13 éléments nutritifs manque et est donc responsable de l'anomalie de croissance. Il est important de savoir que les symptômes de carence en certains éléments nutritifs se manifestent uniquement sur les vieilles feuilles de la plante alors que d'autres concernant

d'autres éléments nutritifs se fixent en premier lieu sur les jeunes feuilles. Cette différence est due à la mobilité différente des éléments nutritifs mêmes dans la plante. Un nutriment mobile comme le potassium (K) peut être aisément transporté dans la plante des tissus âgés aux tissus jeunes. Si une plante pousse dans un sol qui ne peut pas fournir une quantité suffisante de K pour toute la saison de croissance, la plante ne souffrira pas beaucoup dans un premier temps. Cependant, au fur et à mesure qu'elle poussera, la quantité disponible de potassium dans le sol risque de s'épuiser. Pour poursuivre le processus de croissance dans les parties jeunes de la plante, les points de croissance retireront du K aux plus vieilles feuilles. Par conséquent, les vieilles feuilles commenceront à montrer des signes de carence en potassium alors que les jeunes pousses auront l'air saines. Un dépérissement prématuré des vieilles feuilles entraîne généralement une diminution de la production.

Si le sol contient une quantité insuffisante de nutriment moins mobile, comme le zinc (Zn), la jeune plante ne souffrira pas non plus au départ. Cependant, à mesure que la plante grandira, les jeunes parties ne recevront pas suffisamment de zinc. Le zinc ne pouvant pas être transporté facilement au sein de la plante, les feuilles nouvellement formées ne pourront pas attirer le zinc se trouvant dans les vieilles feuilles. Finalement, les parties jeunes de la plante commenceront à montrer des signes de carence en zinc.

Les symptômes de carence ne sont pas visibles que sur les parties jeunes ou vieilles de la plante. Dans le cas d'une déficience en N par exemple, les symptômes se manifestent sur l'ensemble de la plante. Si la carence est accentuée, toutes les feuilles de la plante commenceront à se décolorer et à devenir vert clair ou jaune. Néanmoins, les symptômes de carence sont en général moins courants sur les vieilles feuilles que sur les jeunes feuilles.

Si la carence est légère, les symptômes ne seront probablement reconnaissables que pour quelqu'un ayant beaucoup d'expérience avec cette culture particulière. Cependant, même si la décoloration des feuilles

est à peine visible, le processus de photosynthèse ne sera guère optimal, et la récolte en pâtira.

Les symptômes ordinaires de la sénescence des feuilles peuvent ressembler aux symptômes de certaines carences nutritives même si la plante reçoit un apport suffisant de ces éléments nutritifs pendant toute la période de croissance active. Cela est particulièrement vrai pour le magnésium (Mg). Les recherches sur les carences nutritives devraient donc être menées au milieu de la période de croissance et non à la fin.

Pour bien identifier une carence nutritive il faut souvent une longue expérience de la plante en question. La décoloration et la déformation des feuilles peut être un phénomène normal chez certaines plantes, même si elles reçoivent un apport approprié et suffisant d'éléments nutritifs. Puisque ces phénomènes ne sont pas des signes de carence, ils n'entraîneront pas une perte de récolte. Si la plante est largement cultivée dans le monde, il est probable qu'il existe un manuel contenant des photos couleurs des différents symptômes de carence pouvant constituer une aide précieuse. Vous trouverez en annexe III une description des symptômes déficitaires les plus courants pour les différents éléments nutritifs.

7.2 Causes

Carence absolue

Nous parlons de « carence absolue » lorsque l'apport d'un élément nutritif présent dans l'environnement direct des racines (en général le sol) est insuffisant pour permettre à la plante de se développer de façon optimale. Les symptômes de carence sont généralement la décoloration et le dépérissement des feuilles ou d'une partie des feuilles. Dans les cas moins graves, les feuilles sont juste un peu plus petites qu'à l'ordinaire, ce qui entraînera aussi de toute façon une perte de récolte.

Les carences nutritives absolues apparaissent communément dans les sols tropicaux pauvres qui n'ont pas souvent la capacité de retenir les

éléments nutritifs et donc, d'empêcher ceux-ci d'être lessivés par le ruissellement de pluies violentes. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des fertilisants solubles dans l'eau en application espacée plutôt qu'en une seule fois. Vous courrez ainsi moins le risque de voir une grande partie du fertilisant se perdre après un lessivage survenu brièvement après son application.

Carence induite

Il est également possible que des quantités suffisantes d'éléments nutritifs soient présentes dans le sol mais que les plantes ne soient pas capables de les absorber du fait des caractéristiques chimiques ou physiques défavorables du sol. On appelle cette situation une déficience induite. Le facteur le plus couramment responsable de cette déficience induite est un mauvais pH du sol. Un pH d'une valeur supérieure à 7 indique une réaction alcaline du sol faisant que certains éléments nutritifs, comme le phosphore (P), le fer (Fe) et le manganèse (Mn) sont relativement insolubles et ne peuvent donc pas être absorbés par les plantes. Pour une valeur du pH de 4 par exemple, le sol fait une réaction acide, ce qui rend le molybdène (Mo) insoluble et de ce fait inaccessible aux plantes. Si de tels sols acides s'avèrent être également riches en fer (Fe) et/ou en aluminium (Al), les phosphates du sol ou de l'engrais peuvent être fixés par ces métaux, les rendant alors indisponibles pour les plantes.

Dans de tels cas, la déficience n'est pas due à l'absence du nutriment en question mais à une condition physique du sol. Le nutriment est en quantité suffisante dans le sol mais il ne peut être absorbé par la plante. On ne pourra obtenir l'effet désiré en injectant l'élément nutritif sous forme d'engrais si l'effet restrictif du facteur pH qui induit le manque n'est pas d'abord supprimé. Pour ce faire, il faut modifier le pH du sol dans le bon sens. Un pH d'une valeur 5-7 est ce qui convient le mieux aux plantes. Des matériaux calcaires sont nécessaires pour accroître le pH des sols acides. Il suffit le plus souvent d'ajouter de la chaux pour régler le problème de l'apport de molybdène (Mo) et/ou de phosphore (P) à la plante.

Il est plus difficile de faire baisser le pH des sols trop alcalins. Dans ces cas, il peut être utile d'ajouter un engrais nitrogène acidifiant comme le sulfate d'ammonium. En ajoutant cet engrais pour rendre l'environnement des racines moins basique, on peut améliorer la solubilité et donc la disponibilité des éléments nutritifs comme le fer (Fe) et le manganèse (Mn). Pour obtenir une nutrition optimale de la plante, on peut contourner le problème d'un mauvais pH du sol en pulvérisant directement sur les feuilles une solution des éléments nutritifs défectueux. Cette technique est connue sous le nom de « fertilisation foliaire ». De plus amples informations sont fournies dans les chapitres qui suivent.

Une autre cause de carence nutritive peut être l'application d'un autre élément nutritif en quantité excessive. Une application excessive d'un engrais K par exemple peut entraîner des symptômes de carence en Mg chez la plante même si le manganèse est présent en quantité suffisante dans l'humidité du sol autour de la racine. Ce phénomène est connu sous le nom de « carence en Mg induite par excès de K ». Il se pourrait que le K et le Mg pénètrent les racines de la plante à l'aide de porteurs communs. Si le K occupe trop de place sur les porteurs, cela peut réduire l'absorption de Mg. Une autre forme de carence en élément nutritif induite peut se produire dans les sols hautement organiques. Dans les sols de tourbe notamment, le cuivre (Cu) n'est pas disponible car il est solidement fixé à des matières organiques.

Enfin, il peut arriver que l'ajout d'une dose importante (et probablement excessive) d'un engrais azoté stimule la croissance végétative d'une culture à tel point que le sol ne peut plus fournir en quantité suffisante les autres éléments nutritifs nécessaires à la croissance ainsi stimulée. C'est ce qu'on appelle une déficience induite par excès d'azote.

7.3 Traitement

Si des symptômes indiquant une possible carence nutritive sont constatés sur les plantes, il est conseillé d'extraire des échantillons de sol

représentatifs du champ affecté et de les faire analyser par un laboratoire d'analyse du sol. Les résultats des tests indiqueront quels éléments nutritifs manquent dans le sol et lesquels devraient être ajoutés pour obtenir une croissance optimale des plants.

Si l'on ne peut suivre cette procédure, ou si le cultivateur/la cultivatrice est presque sûr de savoir quel élément nutritif manque, il peut ajouter directement cet élément en appliquant le bon engrais. Celui-ci doit être dosé correctement et être répandu de façon régulière sur l'ensemble du champ. S'il a une bonne raison de penser que l'élément nutritif sera immobilisé dans le sol, l'agriculteur/-trice peut contourner le problème en appliquant un engrais sur un rang en surface ou plus en profondeur près de ou le long des rangées de plantes. Par temps pluvieux, il est conseillé d'appliquer l'engrais en plusieurs étapes comme nous l'avons mentionné plus haut. Le dosage total est alors divisé en deux ou trois portions à appliquer à des stades de croissance différents de la plante. De cette façon, on peut réduire le risque qu'une grande partie de l'engrais ne s'écoule dans le sol trop rapidement et ne soit perdue lors de fortes pluies.

Si le sol manque d'oligo-éléments (c'est-à-dire d'éléments mineurs) suite à un pH trop élevé ou trop faible, cela ne sert généralement à rien d'appliquer ces oligo-éléments dans le sol. Les éléments nutritifs seraient bloqués dans le sol. Dans ce cas, il est préférable de pulvériser une solution de ces éléments nutritifs en brouillard au-dessus de la parcelle. Il est important qu'il ne pleuve pas immédiatement après car la pluie laverait les éléments nutritifs de sur les feuilles. La concentration de nutriments dans la solution ne doit pas être trop forte pour éviter de brûler les feuilles. C'est aussi pourquoi il faut éviter de l'appliquer en plein soleil. De même, mieux vaut dans ce cas appliquer l'engrais en plusieurs fois.

Vous trouverez de plus amples informations sur l'augmentation ou la diminution du pH du sol nécessaire à une meilleure disponibilité de certains éléments nutritifs dans le chapitre 7.2 « les carences induites ».

7.4 Excès de certains éléments

Un excès d'éléments nutritifs, surtout un excès de métaux, peut également causer des anomalies de croissance et des dégâts sur les plantes. Un pH du sol faible ($<4,2$) peut rendre le Mn, Al, Fe et Cu tellement solubles que les plantes en absorbent de trop et commencent à donner des signes d'empoisonnement. Les feuilles deviennent alors grises et se dessèchent. Ces symptômes sont moins caractéristiques que ceux des carences nutritives. La meilleure façon d'y remédier est d'appliquer du calcium dans le sol.

Les ferralsols (sols argileux pauvres) sont courants dans les tropiques. Ils contiennent par nature une forte quantité de fer (Fe^{3+}) (peu soluble). La première fois que le sol est inondé pour la culture du riz en plaine, une partie du fer trivalent se transforme en fer bivalent (Fe^{2+}) plus soluble. La concentration de Fe^{2+} dans le sol est alors trop élevée et des symptômes évidents d'empoisonnement apparaissent sur les jeunes pousses de riz. Néanmoins, les symptômes disparaissent après quelques semaines lorsque le Fe^{2+} est chassé de la zone racinaire par l'eau ruisselante.

8 **Autres causes non parasitaires des dégâts sur les cultures**

Outre les animaux nuisibles et les maladies, les dégâts sur les cultures peuvent provenir de feux, de coups de foudre, de sécheresse, d'un excès d'eau, d'une humidité extrême, d'un manque de lumière ou d'air, ou encore d'épuisement du sol. Les symptômes sont parfois similaires à ceux causés par une infection fongique ou bactérienne ou par une carence nutritive.

Les brûlures peuvent être causées par le soleil ou par un grand incendie à proximité mais elles peuvent aussi provenir de l'application de trop fortes concentrations de pesticides chimiques ou de l'écoulement d'ammoniac dans les feuilles. Les plantes, les arbustes ou les arbres peuvent montrer des signes de faiblesse ou même mourir s'ils sortent épuisés d'une surproduction de fruits ou s'ils sont transplantés à la mauvaise période. Le danger est surtout présent au printemps où les plantes ont mobilisé toute leur énergie pour produire des pousses et des fruits. Entreprendre de tailler à cette période peut également être irrémédiablement dommageable. Les pieds de café plantés en plein soleil à une attitude trop proche du niveau de la mer produiront trop de fruits. Ils vont s'affaiblir, s'exposer aux champignons parasites des racines et probablement mourir après quelques années ; sauf s'ils reçoivent de l'engrais à temps. Une exposition directe et intense au soleil peut également provoquer le développement de chancres sur les branches et des dégâts sur les fruits. C'est ainsi qu'une croûte dure verte et jaune peut se développer sur les tomates, du côté où le soleil tape. Les tomates et les poivrons mûres peuvent également se crevasser si l'humidité du sol varie trop. Certaines décolorations des feuilles provoquées par un manque de lumière ne peuvent être identifiées que si l'on dispose d'une très longue expérience avec cette culture particulière. Mais même si cette décoloration est à peine visible, le processus de photosynthèse dans les feuilles sera loin d'être optimal et entraînera une moindre récolte. Dans une plantation d'arbres très dense par exemple, les branches peuvent s'affaiblir et mourir suite à un manque

de lumière. Il est facile de régler ce problème en procédant à une taille.

Si seule une partie d'une culture a été endommagée alors que le reste du champ est encore sain, vous pouvez conclure que le dégât n'est pas le fait d'un parasite. Cette conclusion est d'autant plus juste si les plants poussant à proximité et appartenant à des familles et des ordres botaniques différents manifestent les mêmes symptômes. L'identification de la cause d'un dégât sur les cultures demande une bonne dose de discernement : les informations rassemblées doivent être mises ensemble pour former un tout conduisant logiquement à une cause spécifique ou une autre.

Quelques exemples nous aideront à illustrer cette idée. Observant les anomalies des feuilles dans un champ de coton, l'auteur de cette brochure a d'abord pensé que le dégât était dû à une maladie virale. Mais le fait que ces anomalies ne se retrouvent que sur une partie de la parcelle cultivée où les travailleurs agricoles avaient commencé à pulvériser un insecticide l'a fait réfléchir deux fois. La poursuite de la recherche a révélé que, lors du premier passage et déversement d'insecticide, l'avion pulvérisateur avait encore une infime quantité d'herbicide 2,4-D, pulvérisé lors d'une intervention antérieure, dans son système d'évacuation. Là résidait la cause des anomalies des feuilles qui disparurent ensuite par elles-mêmes.

Dans un autre champ de coton, la pâleur des plantes et la coloration vert clair des feuilles faisaient penser à une carence nutritive. En revanche, un champ adjacent, plus haut placé, ne montrait pas ces symptômes. En interrogeant les travailleurs agricoles, l'auteur apprit que le champ affecté était trop irrigué. Consécutivement, le sol manquait d'oxygène pour assurer une nitrification saine de l'engrais ammoniacal appliqué. Le problème n'avait donc rien à voir avec l'absorption d'azote et la solution, facile à appliquer, était d'introduire des intervalles plus longs entre les irrigations.

Un troisième exemple concerne un champ de coton semé en buttes. Lors d'une irrigation des sillons, les buttes avaient été entièrement submergées d'eau. Le temps que l'eau disparaisse, une croûte s'était formée dans le sol au-dessus des buttes. Le manque d'air freinait donc la croissance des jeunes pousses qui ont alors jauni et rougi. Les pousses se sont mieux portées dès que les buttes ont été sarclées. En effet, elles pouvaient à nouveau respirer.

9 Exercices

Cette brochure traite de l'identification des dégâts sur les cultures et donc également de la juste interprétation des symptômes. L'identification des dégâts sur les cultures n'est pas une tâche aisée. Il faut à la fois des connaissances théoriques, de l'expérience et de la pratique pour devenir expert dans ce domaine. Les cas présentés ci-dessous peuvent servir d'exercice pratique pour tester ses propres connaissances. Vous pouvez vous aider des clés fournis dans les annexes pour répondre à certaines questions. Les réponses sont données ci-après.

Quels agents pathogènes provoquent des dégâts sur les plantes dans les exemples suivants ?

- 1 Une plante présente une décoloration jaunâtre ressemblant à une mosaïque. Elle est plus petite que les plantes adjacentes qui ne possèdent pas ces symptômes et ses feuilles sont quelque peu déformées. Aucune tache nécrosée n'est visible.
- 2 Des trous aux contours effilochés sont visibles sur la feuille. Aucun tissu mort n'est observable. Le reste de la plante a l'air sain.
- 3 Les feuilles d'une plante s'enroulent vers le bas et elles ont l'air quelque peu flétries. Les plantes et les feuilles sont par ailleurs de taille normale.
- 4 Des taches plus ou moins rondes sont visibles sur les feuilles. Le tissu des feuilles est mort à l'intérieur des taches. Entre les taches et le tissu sain de la feuille, des anneaux concentriques aux teintes brunes sont visibles.
- 5 Une plante a l'air pâle et pousse lentement, ainsi que dix autres plantes à proximité. Les racines des plantes comportent de nombreuses taches de pourriture et des petits nodules.

- 6 Les feuilles de ce type de chou présentent des taches angulaires brun foncé qui s'élargissent avec le temps. Sous les feuilles, ces taches ont un aspect huilé ou humide. Les feuilles jaunissent parfois et tombent. La maladie se propage aux autres plantes situées plus loin dans le sens du vent pendant une averse.
- 7 Un pied de tomate présente de la pourriture humide sur sa tige principale. Les feuilles se dessèchent et meurent.
- 8 On constate de la pourriture à la base du légume et du tissu fongique blanchâtre est visible.
- 9 Les feuilles de laitues qui touchent le sol deviennent marrons et meurent.
- 10 Un navet est affecté par de la pourriture humide. De la pourriture aqueuse suinte des tubercules
- 11 Le bord des feuilles de chou est sec, brun et nécrosé.
- 12 Des protubérances apparaissent sur les pommes de terre et les pommes.
- 13 De grosses galles liégeuses se sont formées sur l'écorce d'un arbre.
- 14 Les racines d'un chou sont couvertes de grosses galles.
- 15 Une branche d'arbre présente une zone morte sur laquelle on peut voir des pustules couvertes de poudre violet-rose.
- 16 Les parties végétatives d'une plante ont une croissance atrophiée. Les feuilles n'ont pas l'air touchées mais leurs teintes vont du vert-violet au bronze. .

- 17 Dans les lits de germination, certaines des pousses plient et touchent presque le sol. Les tiges sont devenues très minces et brun foncé aux endroits où elles se cassent.
- 18 On constate les mêmes symptômes qu'à la question 17 mais les tiges semblent avoir été mordues et arrachées.
- 19 Les feuilles sont assez petites mais intactes ; elles sont pâles sur toute leur surface et leur couleur va du jaune au violacé. Les symptômes apparaissent d'abord sur les vieilles feuilles puis remontent progressivement dans la plante.
- 20 Une petite branche feuillue se dessèche puis meurt. Aucune tache n'est observable sur les feuilles. Si on coupe la branche, on constate le chuintement d'une substance gluante foncée.

Réponses :

- 1 Un virus.
- 2 La plante a fort probablement été broyée par un insecte.
- 3 Une infestation d'insectes (le plus souvent des insectes suceurs comme les aphidiens ou les jassides) sous la feuille.
- 4 Une maladie fongique.
- 5 Des nématodes.
- 6 Une maladie bactérienne.
- 7 De la pourriture bactérienne.
- 8 Une maladie fongique (provoquée probablement par un champignon du sol).
- 9 Un champignon parasite du sol.
- 10 De la pourriture bactérienne.
- 11 De la pourriture bactérienne ou fongique.
- 12 Une maladie fongique.
- 13 Galle du collet causée par une bactérie : *Agrobacterium tumefaciens*.
- 14 Une maladie fongique (*Plasmodiophora brassicae*).
- 15 Une maladie fongique.
- 16 Une carence en phosphore (P).
- 17 Un champignon du sol.
- 18 Vers gris (larves de papillon ou de coléoptère que l'on trouve dans le sol autour des semis)
- 19 Une carence en azote (N).
- 20 Une infection bactérienne.

Annexe 1: Identification sur la base de symptômes généraux

Tableau 1 : Identification de groupes d'agents ravageurs sur la base de symptômes généraux

		Symptômes	Agents ravageurs
1	A	Des zones de forme irrégulière dans le tissu végétal d'une partie de la plante ont été broyées	Broyage par des insectes, des escargots ou d'autres animaux
	B	Pas de zones broyées mais uniquement des taches sur les feuilles	Aller en 2
2	A	Taches contenant des tissus de feuilles morts	Champignon, bactérie ou carence nutritive. Aller en 3
	B	Taches sur les feuilles ne contenant pas de tissus morts	Virus ou carence minérale Aller en 4
	C	Légère décoloration des feuilles	Carence minérale ou nématodes. Aller en 5
3	A	Taches, parfois cernées de cercles concentriques. Des masses de mycélium ou de spores sont visibles. Dégâts uniformes sur toute la culture.	Champignon sur les feuilles (taches jaunes entre les nervures et faisceaux vasculaires plus foncées = maladie vasculaire). Présence de rhizomorphes si la racine est attaquée.
	B	Pas d'amélioration après traitement au fongicide. Un échantillon plongé dans de l'eau clair trouble cette eau.	Bactérie
	C	Les tissus se flétrissent en bordure des feuilles. Ce phénomène n'apparaît qu'à un stade avancé de croissance de la plante.	Carence minérale
4	A	Croissance rabougrie ; torsion et enroulement de la tige et des feuilles ; motifs de mosaïque sur les feuilles (souvent) ; Quelques plants isolés peuvent ne pas être touchés. Aucune amélioration visible après traitement au nématicide ou avec une solution nutritive.	Virus

		Symptômes	Agents ravageurs
	B	Taches blanches ou jaunes sur les feuilles, souvent entre les nervures et en forme de mosaïque. Les nervures des feuilles sont souvent pâles. Une amélioration est visible après traitement d'une solution nutritive..	Carence minérale
5	A	Croissance restreinte ; on peut constater une distorsion des feuilles ; décoloration des feuilles (plus pâles) ; la plante réagit positivement au traitement par nématicide.	Nématodes
	B	Pas d'amélioration après traitement par nématicide, mais une amélioration est visible après application d'un engrais azoté	Carence en azote
Les numéros mentionnés sur la colonne de droite renvoient à la numérotation de la colonne de gauche.			

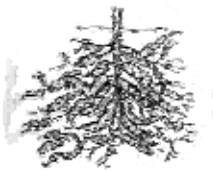
Annexe 2 : Identification à partir des parties attaquées des plantes

Où se situe le problème ? Allez à :

- 1 Les graines
- 2 Les racines
- 3 Les tiges/branches/rameaux
- 4 Les feuilles
- 5 Les fleurs
- 6 Les fruits
- 7 Après la récolte
- 8 Anomalies de croissance

Tableau 2 : Détermination des causes des dégâts à partir des parties affectées de la plante

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
1 Graine		
Décoloration		Infection des graines par un champignon, une bactérie ou un virus. – Ne pas employer de graines décolorées.
Graines broyées ou percées		Charançons, aiguilloniers ou rongeurs – graine sèche avec moins de 10% d'humidité.
Germination faible ou nulle		Graine trop vieille, maladies dans le sol, mauvaises conditions de germination (trop d'humidité ou trop de sécheresse) ou dégâts dus aux herbicides. – Faire un test de germination sur du sable propre pour tester la viabilité de la graine avant de semer.

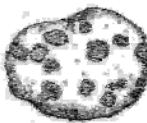
Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
2 Racines		
Nodosités sur les racines		Nématodes ou nodosités permettant aux plantes de fixer l'azote – Les nodosités se reconnaissent à leur coloration violette à l'intérieur.
Racines noires, souvent effilées		Champignon du sol, engorgement du sol – Améliorer le drainage.
Racines rongées		Insectes, centipèdes, autres animaux. – Regarder si on voit des insectes, etc.
Lésions sur les racines		Nématodes, champignons du sol
Mycélium (enchevêtrement de filaments fongiques) visible sur les racines, ou entre l'écorce et le bois.		Pourriture des racines causée par des champignons – Dans le cas de plantes vivaces, celles-ci peuvent être rendues plus résistantes en traitant avec des engrais ou en leur fournissant de l'ombre.

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
3 Tige/branches/rameaux/tronc		
Galles		Insectes, bactéries – En entaillant la galle, on peut parfois voir la larve des insectes.
Chancres		Champignons, bactéries – Dans le cas d'un chancre bactérien, il peut y avoir exsudation.
Les tiges cassent		Chenilles, fourmis ou autres insectes – Regarder s'il y a des insectes.
La plante se fane et perd ses feuilles		Dépérissement dû à un champignon ou une bactérie (dans le sol), foreurs des tiges. – Fendre la tige dans le sens de la longueur pour examiner les faisceaux vasculaires.
Les semis s'effondrent		Fonte des semis due à un champignon du sol, à des insectes (vers gris) – Si l'attaque est fongique, améliorer le drainage ; sinon, regarder s'il y a des insectes.
Le sommet de la plante en croissance est attaqué		Insectes – Regarder s'il y a des insectes.
Prolifération de tiges (ou rameaux)		"les balais de sorcières" peuvent avoir diverses origines, notamment des infections virales et des acariens.

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
4 Feuilles		
Taches sur les feuilles		Problème fongique, bactérien ou du à l'environnement
Le bord des feuilles brunit		Rouille provenant soit : d'une maladie fongique, du mildiou, d'une maladie bactérienne ou d'un manque de K
Poudre blanche sur les feuilles		Oïdium
La face inférieure des feuilles est couverte d'une moisissure		Mildiou
Taches brunes et poudreuses sur la face inférieure des feuilles		Rouille (maladie fongique)
Mosaïque		Virus, déséquilibre nutritif
Eclaircissement des nervures, bandes		Virus, déséquilibre nutritif

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
Galeries tortueuses sur les feuilles		Défoliants
Trous dans les feuilles		Insectes, maladie criblée, escargots et limaces
Feuilles déformées		Virus, problèmes dus à l'environnement comme les dégâts causés par les pesticides, champignons (enroulement de la feuille de pêche), aphidiens, jassides, sauterelles – Regarder s'il y a des insectes, tout particulièrement sous les feuilles.
Les feuilles sont "collantes"		Pourriture molle
Enroulement des feuilles		Chenilles, virus
Rugosité des feuilles		Thrips, acariens, dégâts dus au vent (frottement)
Insectes durs et plats sur les feuilles et les tiges		Cochenilles
Revêtement noirâtre comme de la suie sur les feuilles		Fumagine – La fumagine est un champignon noir qui pousse sur le miellat sécrété par les aphidiens. – Lutter contre les insectes.

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
5 Fleurs		
Pourriture des boutons		Maladie fongique ou bactérienne
Fleurs brunissent		Gel
Déformation des fleurs		Insectes, virus, dommages dus aux herbicides
6 Fruit		
Craquellement des fruits		Apport irrégulier d'eau pendant la nouaison
Taches sombres à la surface du fruit		Brûlure du soleil
Taches sombres au sommet du fruit (tomate)		Dessèchement apical – Manque de calcium
Insectes durs et plats sur le fruit		Cochenilles
Zones rugueuses sur le fruit		Gale (bactérienne ou fongique), insectes, dommages dus à l'environnement, notamment le vent (frottement)

Symptômes	Illustration	Causes possibles & remarques
Points noirs là à la place des grains		Maladie fongique (charbon, ergot) – Utiliser des semences propres.
7 Après la récolte		
Fruit/tubercules molles		Pourriture molle due à une infection bactérienne ou fongique – Ne stocker que des produits secs et propres.
Apparence de moisi		Infection fongique – Manipuler les produits récoltés avec précaution ; veiller à une bonne température de stockage.
Galleries dans le fruit (repérable à l'extérieur par des trous en surface)		Mouche des cerises, carpocapse de la pomme
Points rugueux en surface		Gale (bactérienne ou fongique) ; dommages dus aux insectes, aux conditions climatiques, comme le vent – Dommages s'étant produit dans le champ.
8 Anomalies de croissance		
Nanisme		Nématodes, virus
Seules quelques plantes ont une croissance perturbée		Nématodes, virus, déséquilibre nutritif, zone non atteinte par la pulvérisation, par ex. à la fin du rang.

Annexe 3 : Symptômes des carences nutritives

Macro-éléments

Les macro-éléments sont des éléments chimiques nécessaires en relativement forte concentration (30-200 kg/ha) pour assurer une nutrition et une croissance optimale des cultures. Les symptômes les plus communs de carences nutritives sont décrits ci-dessous. Il est important de se rappeler que les symptômes ne sont pas les mêmes pour toutes les plantes. Les noms des différents engrais remédiant à une carence en une certaine substance nutritive dans le sol sont également spécifiés ci-dessous.

Carence en azote (N)

La carence en azote peut être due à une carence totale ou induite en azote dans le sol. Les symptômes sont les mêmes dans les deux cas : toutes les feuilles, jeunes ou vieilles, prennent une coloration vert clair ou jaune. Cette décoloration se retrouve sur toute la surface de la feuille.

Il faut avoir beaucoup d'expérience dans une culture particulière pour savoir quelle est la couleur normale de la plante et être ensuite capable de détecter une légère forme de carence en azote.

Les minéraux du sol ne sont pas une source d'azote absorbable par les plantes. L'absorption d'azote dans le sol ne peut se faire que par les matériaux organiques. Il peut y avoir carence induite par l'azote lorsqu'une grande quantité de matériel organique contenant un pourcentage élevé de carbone (ratio C/N élevé) est ajouté au sol. La croissance microbienne étant stimulée par le taux élevé de carbone, la forte population de micro-organismes qui en résulte consomme non seulement l'azote présente dans le matériel ligneux mais également l'azote présent sous une autre forme dans le sol. Dans la lutte entre les micro-organismes et la plante pour puiser l'azote dont ils ont besoin, c'est la plante qui est perdante.

Cette situation peut cependant être modifiée avec le temps. Car lorsque le matériel riche en azote est finalement épuisé, la population microbienne dépérit lentement et retourne à son niveau d'origine. Pendant ce processus de décomposition, une grande partie de l'azote qui avait été accaparé par les micro-organismes est de nouveau à la disposition des plantes. Malheureusement, cela arrive trop tard pour les cultures qui étaient déjà plantées lorsque l'on a ajouté de nouvelles sources d'azote.

L'engrais azoté classique, le sulfate d'ammonium, a un effet acidifiant sur le sol. Certaines cultures y trouvent un bénéfice mais d'autres non. Le traitement au nitrate d'ammonium et à l'urée a un effet moins acidifiant. Le nitrate d'ammonium est un explosif et doit être manipulé avec précaution. Le nitrate de calcium et l'ammonitrate calcique n'ont pas cet effet acidifiant sur le sol mais ils sont plus chers.

Carence en phosphore (P)

Les feuilles des plantes souffrant d'un manque de phosphore sont de couleur vert terne à presque violette. Ces teintes anormales sont dues à une photosynthèse non optimale qui ralentit le taux de croissance de la plante et diminue le rendement. La décoloration des feuilles est généralement plus prononcée pour les vieilles feuilles.

Une carence en phosphore peut elle aussi être absolue ou induite. Les sels que les ions phosphore forment avec le fer et l'aluminium dans les sols acides, et avec le calcium dans les sols alcalins, ne sont guère accessibles aux plantes. C'est pourquoi les plantes poussant sur des sols acides peuvent souffrir d'une carence en potassium induite par le fer et/ou l'aluminium et les plantes poussant dans les sols alcalins peuvent souffrir d'une carence en potassium induite par le calcium. Si le pH du sol est ramené à un taux de 5-7 (en ajoutant du calcium aux sols acides ou en ajoutant des engrais azotés acidifiants aux sols alcalins), le phosphore contenu dans le sol et dans l'engrais sera plus disponible. Le superphosphate $\{Ca(H_2PO_4)_2 \cdot CaSO_4\}$ et le superphosphate triple $\{Ca(H_2PO_4)_2\}$ sont les engrais phosphatés les plus communs. Dans les pays tropicaux où la plupart des sols sont acides, on peut égale-

ment obtenir un effet positif en traitant avec des phosphates purs (moins solubles et agissant donc plus lentement). Les légumineuses ont comme qualité particulière de dissoudre les phosphates purs et de les rendre de ce fait plus disponibles.

Carence en Potassium (K)

Comme nous l'avons expliqué plus haut, la grande mobilité du potassium dans les plantes fait que les symptômes d'une carence en K se manifestent surtout sur les vieilles feuilles. La décoloration jaunâtre (chlorose) démarre à l'extrémité des feuilles puis s'étend sur les bordures. A un stade plus avancé, la décoloration jaunâtre tourne au brun et est suivi d'un dépérissement des feuilles (nécrose). Le bout des feuilles nécrosées commence à s'enrouler. Bien entendu, le dépérissement prématuré des tissus des feuilles a un effet négatif sur la plante et entraîne un retard de croissance ainsi qu'une baisse de rendement.

Les engrais potassiques les plus courants sont les sels de chlorure de potassium d'une teneur en K_2O de 40 à 60%. L'engrais K-40% contient du KCl ainsi que du NaCl, ce qui est important pour certaines cultures comme la betterave sucrière qui tire grand profit d'un traitement au Na.

Pour d'autres cultures, comme la pomme de terre, la présence de l'anion chlore est désavantageuse. Le sulfate de potassium est donc un meilleur engrais pour ces cultures mais il est aussi plus coûteux.

Il est établi ou supposé qu'un ajout combiné de potassium et de magnésium (Mg) est nécessaire, l'engrais dénommé patentkali, combinaison de K_2SO_4 et de $MgSO_4$, étant peut-être le meilleur choix.

Les plantes cultivées pour produire de l'amidon ou du sucre, comme la betterave sucrière ou la banane, ont des besoins élevés en K.

Carence en magnésium (Mg)

Le magnésium circule relativement bien dans la plante et c'est pourquoi on retrouve surtout les symptômes indiquant un manque de ma-

gnésium dans les vieilles feuilles. Cependant, à la différence d'une carence en potassium qui cause la décoloration du bord des feuilles, une carence en Mg se manifeste par des bandes jaunes entre les nervures latérales de la feuille. A un stade plus tardif, la décoloration jaunâtre brunit et est suivie d'un dépérissement précoce des tissus de la feuille entre les nervures.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, le Mg peut être appliqué sous forme d'engrais patentkali. Si le Mg vient à manquer dans les sols acides, on peut résoudre le problème en ajoutant du calcium pour accroître le pH du sol. L'engrais riche en calcium le plus adapté est la chaux dolomite, qui est une association de CaCO_3 et de MgCO_3 . Le magnésium peut aussi être ajouté en combinaison avec un engrais azoté. Le nom commercial de ce produit est le « magnesamon ».

Carence en soufre (S)

Les symptômes d'une carence en soufre ressemblent à ceux d'une carence en azote à la différence que cela se produit moins souvent car les plantes ont moins besoin de soufre que d'azote.

D'un point de vue géographique, les carences en S sont plus fréquentes dans des sols des régions situées au centre des continents que dans les zones en bord de mer. La raison en est que les vents portent le soufre en provenance de l'océan vers les plantes cultivées près des côtes. Les volcans et leurs émissions sont également une source importante de soufre.

Les cultures appartenant à la famille des crucifères, comme les choux et les graines de colza, ont des besoins en soufre élevés. Les symptômes d'une carence en soufre sont donc tout particulièrement observables dans ce type de cultures. Différents engrais contiennent du soufre comme élément nutritif secondaire. Citons le sulfate d'ammonium, le superphosphate, le sulfate de potassium et le sulfate de potasse au magnésium ('patentkali').

Carence en calcium (Ca)

Le calcium se déplaçant relativement peu dans la plante, les symptômes d'une carence en calcium sont surtout observables dans les jeunes tissus végétaux.

Les symptômes varient beaucoup d'une culture à l'autre. Les bulbes et les fruits peuvent développer le liège des pommes. Les jeunes feuilles des cultures feuillues peuvent se faner et mourir prématurément. Les fleurs d'un plant de tomate peuvent se flétrir et dessécher (« dessèchement apical des tomates »). Les pousses et l'extrémité des jeunes feuilles s'enroulent et s'effilochent. Les symptômes d'un manque de calcium peuvent parfois ressembler à ceux d'un manque de bore ou d'une infection virale.

Les carences absolues en calcium se manifestent souvent chez les plantes poussant sur des sols acides provenant de roches non ou peu calcaires et/ou sur des sols exposés à des pluies fortes ainsi que sur des sols de tourbe acides. La carence en calcium chez les plantes peut également être induite par le traitement en quantités excessives d'engrais K, Mg ou ammonium.

On peut remédier à un manque de calcium en appliquant des matériaux calcaires, ou des engrais N et P, ceux par exemple qui contiennent du calcium en élément secondaire, comme l'ammonitrate calrique, le nitrate de calcium, le superphosphate et les phosphates de roches. Les engrais riches en calcium (particulièrement le dolomite) se dissolvent plus lentement que bien d'autres engrais, sauf dans les sols extrêmement acides. C'est pourquoi cela peut prendre jusqu'à un an avant que l'apport de calcium ne se remarque sur les plantes.

Oligo-éléments

En plus des six macro-éléments présentés ci-dessus, les plantes ont besoin pour leur croissance de micro-éléments nutritifs en quantité minime. Par culture, la quantité des éléments nutritifs nécessaires varie de moins de 100 grammes à quelques kilogrammes par hectare. La plupart des sols contiennent plusieurs fois les quantités d'éléments

nutritifs absorbées chaque année par les plantes. Mais il se peut que les plantes ne puissent bénéficier de ces quantités si le sol a un pH défavorable empêchant les éléments nutritifs de bien se dissoudre.

Il est alors recommandé de pulvériser une solution de ces oligo-éléments directement sur les feuilles des plantes. La concentration de sels dans la solution ne doit pas être trop élevée afin de ne pas endommager les feuilles. La pulvérisation ne doit pas se faire en plein soleil ou lorsque le taux d'humidité est bas. Cependant, la concentration peut être plus forte si les oligo-éléments nutritifs sont appliqués sous forme de chélates.

Carence en fer (Fe)

Une carence en fer est presque toujours relative au pH du sol. Les jeunes feuilles jaunissent de façon uniforme ou bien les nervures ressortent comme des fils verts sur une surface par ailleurs entièrement jaune. La réduction de l'activité photosynthétique causée par la décoloration entraîne un retard de croissance.

Carence en manganèse (Mn)

Les symptômes d'une carence en manganèse peuvent ressembler à ceux d'un manque en fer à quelques différences près. Si la plante souffre d'un manque de manganèse, la transition entre les nervures vertes et les tissus jaunes de la feuille est moins distincte et la couleur jaune du tissu est plus foncée que celle correspondant à une carence en fer. De plus, les symptômes d'une carence en Mn ne se limitent pas aux jeunes feuilles mais peuvent également apparaître sur les feuilles plus vieilles.

Les carences en Mn sont généralement dues à un pH élevé du sol mais elles peuvent aussi être dues à une teneur élevée en matière organique.

Carence en bore (B)

Cette carence se caractérise par un développement anormal et/ou tardif des zones de croissance végétative et générative. Les jeunes feuil-

les sont souvent déformées et ratatinées, elles sont plus épaisses que de normal et présentent une décoloration bleue-verte. Dans les cas graves, la plante ne produit pas de fleurs ou de fruits et si des fruits se forment, ils sont souvent petits et de mauvaise qualité. Les autres symptômes caractéristiques d'une carence en bore sont les surfaces écaillées et des zones subéreuses extérieures et intérieures de la plante.

Carence en zinc (Zn)

Aucun nutriment ne connaît de symptômes de carence plus variés que le zinc. Les feuilles de la plante souffrant d'une carence en zinc sont trop petites et c'est pourquoi cette affection était appelée « la maladie des petites feuilles » à l'époque où l'on n'en connaissait pas encore la cause. Les entre-nœuds sont trop courts et les feuilles sont obligées de pousser tout près les unes des autres en formant une rosette. D'où le nom de maladie de la rosette.

Outre le fait qu'elles soient petites, les feuilles présentent également des taches irrégulières et des déformations, ce qui peut faire penser à une infection virale. La chlorose entre les nervures latérales est commune mais le motif est moins précis que celui provenant d'une carence en Mg. Les feuilles peuvent aussi être toutes tordues quand les deux moitiés de la feuille se développent à un rythme différent. L'extrémité des feuilles ondule souvent. Les pousses dépérissent et les feuilles tombent prématurément. Très peu de bourgeons se forment et ceux qui se forment ne s'ouvrent pas.

Le manque de zinc est courant chez les plantes en pot plantées dans de la terre presque uniquement organique. On peut résoudre le problème en ajoutant de la terre argileuse contenant du zinc.

Carence en cuivre (Cu)

Tout comme le zinc, le cuivre peut être tellement fixé à la matière organique dans le sol qu'il n'est pas disponible pour les plantes. On comprend pourquoi cette carence provient souvent dans les sols tourbeux.

Le cuivre est relativement immobile dans la plante ce qui explique que les symptômes d'un manque de cuivre se repèrent généralement dans les parties jeunes. Dans le cas du blé, l'extrémité des feuilles blanchit et les feuilles sont plus tordues et étroites qu'en temps normal. Comme pour le manque de zinc, les entre-nœuds sont trop courts, ce qui oblige les feuilles à pousser en bouquet sur la tige. Bien souvent, il n'y a pas de formation d'épis.

Chez les plantes et arbres dicotylédones, les branches transversales plient du fait qu'elles sont très faibles.

Carence en molybdène (Mo)

La disponibilité du molybdène est souvent insuffisante dans les sols acides. L'ajout de calcium peut résoudre le problème si la quantité totale de Mo dans le sol est suffisante.

Les plantes souffrant d'une carence en Mo sont souvent naines. Leurs feuilles prennent une couleur claire et elles se flétrissent prématurément. Les fleurs n'arrivent pas à se former.

Chez les légumineuses, la carence en Mo ressemble à une carence en azote. Cela s'explique par le fait que le Mo est nécessaire au mécanisme de fixation de l'azote de l'air dans les tubercules des légumineuses. Sans Mo disponible, la fixation d'azote n'a pas lieu. C'est pourquoi les légumes qui poussent sur des sols pauvres en azote peuvent souffrir d'une déficience en azote malgré leur bonne capacité à fixer cet élément.

Carence en chlore (Cl)

Il a été vérifié que d'autres éléments, comme le chrome, le sélénium et le cobalt ont un effet stimulant sur la croissance de certaines plantes lorsqu'ils sont ajoutés en quantité minimale aux suppléments nutritionnels. Cependant, tant qu'il n'a pas été prouvé que ces éléments sont nécessaires à toutes les plantes, on ne peut pas encore les mettre dans la liste des éléments essentiels. Pour le moment, ce ne sont que des « éléments utiles ».

Il semble cependant qu'il y ait une exception à cette règle puisqu'il a été démontré que les plantes ont toutes besoin de chlore en petite quantité. Mais comme l'air au-dessus des régions côtières des continents, c'est-à-dire près des océans, contient toujours un peu de chlore, il est extrêmement difficile de montrer à partir d'expériences sur les suppléments nutritionnels pour les plantes que celles-ci n'ont pas été en contact avec du chlore. Il a bien été prouvé que le chlore, en quantité minime, a un effet positif sur la croissance des plantes mais il reste encore à détecter les symptômes d'une carence en Cl.

La croissance de certaines cultures, comme la betterave sucrière, est stimulée par de petites quantités de chlore mais elle l'est encore plus avec des concentrations relativement fortes de Cl dans l'environnement des racines.

Annexe 4 : Formulaire pour l'envoi d'un échantillon

Vous pouvez utiliser le formulaire suivant si vous désirez soumettre un échantillon à une station de recherche sur les végétaux ou à un conseiller agricole. Veillez à répondre aux questions le plus précisément possible. Cela permettra à l'expert d'identifier la cause du problème observé. Consultez le chapitre 2 pour avoir des instructions sur la manière de recueillir les échantillons.

Date du recueil de l'échantillon :

Nom du cultivateur/de la cultivatrice :

Lieu où se trouve la ferme :

Altitude :

Type de sol : argile/sable/glaise/autres :

Couleur du sol :

Fertilité : médiocre/moyenne/bonne

Précipitations : nulles/faibles/moyennes/fortes

Drainage : bon/correct/pauvre

Inclinaison du terrain : plat/légèrement en pente/escarpé

Culture :

Variété :

Superficie :

Date de plantation/semence :

Plantation : champ / pépinière / verger / serres / jardin / à l'intérieur / forêt

Parties attaquées : racines / tiges, branches, rameaux / feuilles / fleurs / fruits / autres :

Symptômes : flétrissement / jaunissement / galles / dépérissement terminal / pourriture / brûlures marginales / chute des feuilles / taches sur les feuilles / bandes / mosaïque / rouille / broyage / autres :

Étendue : sur le champ entier / au bout du champ / de façon éparpillée / une plante seule / un groupe de plantes

Exposition : terrains élevés/terres basses/ terres humides/ terres sèches /terres ensoleillées/ terres ombragées / autres :

Irrigation: oui / non

Quels engrais ont été appliqués sur la culture :

En quelle quantité à l'hectare ?

Avec quels pesticides a-t-on traité la culture :

En quelle quantité à l'hectare ?

Description détaillée du problème :

Bibliographie

Michel, B. & Bournier, J.-P. **Les auxiliaires dans les cultures tropicales - Beneficials in tropical crops**, 1997, CIRAD, ISBN 2-87614-301-1

Jeanine Simbizi & Hugues Dupriez. **Ravages aux champs. C'est signe.** Carnets ecologiques 11, Terres et Vie, Belgium, ISBN 2-87105-017-1

Agrodok No. 29. **Les pesticides: composition, utilisation et risques.** Agromisa/CTA.

Maladies et parasites des plantes cultivees. Carnets ecologiques 1, Terres et Vie, Belgium

R.B. Streets. **The Diagnosis of Plant Diseases.** 1972, University of Arizona, Tuscon. ISBN 0-8165-0350-8

E. Mortensen & E.T. Bullard. **Handbook of Tropical and Sub-tropical Horticulture.** 1970; USPGO, Washington.

D.S. Hill & J.M. Waller. **Pests and Diseases in Tropical Crops** Vol. 2 - Handbook of Pests and Diseases, 1988, Longman, London. ISBN 0-582-60615-2

George W.Ware. **Complete Guide to Pest Control, With and Without Chemicals.** 1988, Thomson Publications, Fresno. ISBN 0-913702

Roslyn Rappaport. **Controlling Crop Pests and Diseases.** 1992, 106 p., Macmillan, London. ISBN 0-333-57216-5

Stefan Buczacki & Keith Harris. **Pests, Diseases and Disorders of Garden Plants.** 2000; Photo guide, Harper Collins Publishers, London. ISBN 0 00 22 0063 5

Practical lessons. Crop protection teaching in warm climatic zones. 2000, STOAS, P.O.Box 78, 6700 AB, Wageningen, The Netherlands.

D.J. Allen, J.K.O. Ampoto and C.S. Wortmann. **Pests, diseases and nutritional disorders of the common bean in Africa.** A field guide, 1996, CIAT, CTA. ISBN 958-9439-55-1

D.A. Roberts and C.W. Boothroyd. **Fundamentals of plant pathology.** 1984, W.H. Freeman and Company, USA. ISBN 0-7167-1505-8

Dr. Gaby Stoll. **Natural crop protection in the tropics; letting information come to life.** 2001, CTA, No. 1005. ISBN 3-8236-1317-0

Adresses utiles

HDRA

Henry Doubleday Research Association, Ryton Organic Gardens, Coventry, Warwickshire CV8 3LG, Royaume uni.

www.hdra.org.uk (conseil sur la production organique des légumes)

CABI Bio-sciences

Bakeham lane, Egham, Surrey, TW20 9TY, Royaume uni

www.cabi-bioscience.org, plant.clinic@cabi.org

Met gratuitement un service d'identification à disposition.

CABI Africa Regional Centre

PO Box 633, ICRAF Complex, Village Market, Nairobi, Kenya

arc@cabi.org

CABI South-East Asia Regional Centre

PO Box 210, 43409 UPM Serdang, Malaysia, searc@cabi.org

Natural History Museum

Cromwell Road, London, SW7 5BD, UK

www.nhm.ac.uk/Science (Service d'identification des insectes)

IITA

International Institute of Tropical Agriculture

P.O.Box 5320, Ibadan, Nigeria

IBPGR

International Board for Plant Genetic Resources

Crop Ecology and Genetic Resources Unit

Food and Agriculture Organisation of the United Nations

Via delle Terme de Caracalla, 00100 Rome, Italie

CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aereo 6713, Cali, Colombie

ICRISAT

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics Patancheru 502324, Andhra Pradesh, Inde

Glossaire

Annexe

Anaérobie	Décrit l'absence d'oxygène généralement due à une absence d'air
Bactériose du cotonnier	Maladie bactérienne des cotonniers
Chélates	Composés organiques, contenant généralement du fer ou du cuivre
Cultures monocotylédones	Cultures qui, comme les herbes, se caractérisent notamment par des feuilles étroites à nervures parallèles. On les distingue des plantes dicotylédones ou « à feuilles larges » et à nervures ramifiées
Défoliants	Vers longs de 1 à 2 mm qui creusent des galeries dans le tissu des feuilles
Effet résiduel	Effet des résidus d'un pesticide que l'on a appliqué.
Ferralsols	Sols qui ont été intensément lessivés par l'eau de pluie et qui ne contiennent presque plus rien d'autre que du fer et de l'hydroxyde d'aluminium
Fructification	La formation de fruits, d'organes, graines ou spores de fructification
Galles	Excroissances rondes ou de forme irrégulière sur le tissu végétal, généralement provoquées par un petit insecte vivant dans la galle ou par une bactérie
Infestation	Première infection par des agents pathogènes ou pénétration des premiers insectes ou autres animaux nuisibles qui se multiplient ensuite rapidement
Irrigation par rigoles	Une méthode d'irrigation consistant à faire couler l'eau entre les rangs d'une culture. Les buttes sur lesquelles on a semé sont supposées rester sèches
Nécrosé	Mort, dépérissant
Pathogène	Causant une maladie

Plantes hôtes	Plantes autres que la plante cultivée sur lesquelles les insectes ou les maladies se développent aisément.
Prédation	Mode de nutrition des animaux qui se nourrissent de leur proie
Réduction	Perte d'oxygène ou ajout d'hydrogène
Solarisation	Exposition aux effets des rayons du soleil
Systémique	Dispersé dans toute la plante par la circulation de la sève.
Vecteur	La plupart du temps, un insecte qui propage une maladie (généralement un virus) au cours de ses déplacements

Glossaire des abréviations chimiques :

Al = aluminium
 Ca = calcium
 Co = cobalt
 Cu = cuivre
 Fe = fer
 K = potassium
 Mg = magnésium
 Mn = manganèse
 Mo = molybdène
 N = nitrogène
 P = phosphore
 Zn = zinc